



RUANNY CASARIM CORRÊA PRADO

**DINÂMICA DA MIGRAÇÃO E
REPRODUÇÃO DOS PEIXES NA REGIÃO DA
FOZ DO RIO ABAETÉ, ALTO SÃO
FRANCISCO, MG**

LAVRAS – MG

2014

RUANNY CASARIM CORRÊA PRADO

**DINÂMICA DA MIGRAÇÃO E REPRODUÇÃO DOS PEIXES NA
REGIÃO DA FOZ DO RIO ABAETÉ, ALTO SÃO FRANCISCO, MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Paulo dos Santos Pompeu

LAVRAS-MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Casarim, Ruanny.

Dinâmica da migração e reprodução dos peixes na região da foz
do rio Abaeté, Alto São Francisco, MG / Ruanny Casarim Corrêa
Prado. – Lavras: UFLA, 2014.

91 p.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Paulo dos Santos Pompeu.

Bibliografia.

1. Peixes migradores. 2. Hidroacústica. 3. Rio Abaeté. 4. Rio
São Francisco. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 574.52632

RUANNY CASARIM CORRÊA PRADO

**DINÂMICA DA MIGRAÇÃO E REPRODUÇÃO DOS PEIXES NA
REGIÃO DA FOZ DO RIO ABAETÉ, ALTO SÃO FRANCISCO, MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 12 de fevereiro de 2014

Dr. Angelo Antonio Agostinho	UEM
Dra. Alessandra Angélica de Pádua Bueno	UFLA

Orientador
Dr. Paulo dos Santos Pompeu

LAVRAS-MG

2014

*Dedico este trabalho a Antônio Buratto, meu Vô Tunim, pelo seu exemplo de
força e o seu amor a uma boa pescaria.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Confesso que não acreditava ter mais força para escrever qualquer linha nessa dissertação. Mas, sem vocês esse trabalho não existiria.

Ao Paulo, este espaço para agradecer chega a ser pequeno. São seis anos de trabalhos juntos, e serão agora mais quatro com o doutorado. Tenho certeza que esses seus cabelos brancos eu ajudei a aumentar. Como orientador “eficiente” que é, aprendi muita coisa, mas o principal foi como se deve orientar um dia. Agradeço por fazer de tudo para que eu consiga ser “gente grande” profissionalmente e também na vida pessoal. Hoje sou uma mulher casada porque você deixou!!! rrsrs. Obrigada por ser professor, orientador, amigo e agora, PAIdrinho! Pode ter certeza, que mesmo velhinho ainda vou gritar: Aii Paaaulo, me ajuda !!!

Por essa paixão aos peixes foi que eu conheci meu grande amor. Ivo, obrigada por ser o melhor marido, amigo e segundo autor. Tenho certeza que você não via a hora de eu ser mestre. Obrigada por ser sempre paciente, por me apoiar, me ensinar e me incentivar sempre a ser uma boa pesquisadora, mesmo tendo que aguentar todos os choros e desesperos diários.

Ao peixólogos do Laboratório, Nina, Nara, Dani, Igor, Marcos, Ciça e Míriam obrigada por me ajudarem mais uma vez. As alegrias e desabafos no laboratório são os que me fazem ser uma eterna pupila. Agradeço em especial, ao Pedro que sem ele os campos não teriam sido tão divertidos. À Débora, obrigada por se desesperar e superar esse mestrado, junto comigo. Lud e Fábio pelo casal exemplo, que mesmo distantes por um tempo, sempre estiveram presentes. Ao Rafa, nosso filho trimariense, que ouviu meus muitos choros. À Raquel, obrigada pelos ensinamentos, por ajudar a descomplicar o complicado e pelas dicas no trabalho. Hoje os peixinhos estão nadando felizes no rio, porque me ensinou a hidroacústica.

Agradeço ao pescador Waldir, que foi a força e o meu apoio desse mestrado. Com você aprendi um pouco mais do Velho Chico, conheci as histórias e ganhei um amigo incrível. Esse título também será seu.

Aos professores da Ecologia, em especial ao Marcelo e Júlio. Obrigada por me socorrerem nas dúvidas ecológicas e por contribuírem com seus olhares críticos.

Agradeço a Alessandra Bueno e ao Angelo Agostinho, membros da banca, por avaliarem e sugerirem melhorias ao meu trabalho.

Agradeço a turma do mestrado e da Ecologia, pelas nossas saídas que sempre me proporcionavam muitas risadas. Agradeço em especial à Rafa, mesmo distante, sempre esteve presente em minha vida. Por ser minha mãe, minha amiga, minha madrinha e irmã. Com os seus conselhos diários e suas palhaçadas eu arranjava mais força para escrever e aguentar todas as dificuldades. Ao Gui, pelo irmãozão que é. À Poly, amiga incrível, que entrou em minha vida durante essa fase louca de mestrado. Obrigada, por viajar junto comigo no “fantástico mundo da Ruanny” por me ajudar a pensar se eu iria dar conta das mil imagens a serem processadas e pelos mapas incríveis. Obrigada à República Manacá (Tainá, Ananza e Lisi), por me dar um teto sempre que precisava. Obrigada Vitinho, por achar soluções às minhas inquietações acadêmicas ou não.

Aos meus pais, Ruy e Alessandra, agradeço por sempre estarem presentes e interessados. Agradeço por adiarem, muitas vezes, seus sonhos para que os meus fossem realizados. Essa é mais uma das muitas conquistas nossas!

Ao meu maninho, Henrique, agradeço pelos (incríveis) puxões de orelha ajudando a não perder o foco. Obrigada por me ajudar com as 316 planilhas e por me fazer dar risadas só de olhar para você.

À minha nova família, meus sogros e cunhados queridos. À Rose e Everton, obrigada por me adotarem por semanas, cozinhareм deliciosamente

para mim enquanto me isolava para escrever e, ainda, me chamarem a atenção quando ficava perambulando ao invés de escrever. Aos meus cunhados, obrigada por me apoiarem e por estarem sempre presentes.

Aos meus avós, Neide, Hugo e Rosa que são minha fortaleza. Ao meu Bisavô Tunim, que não mais está aqui pra saber de como andam as pescarias em Três Marias, mas deixou seu exemplo de força e superação. As dificuldades serão encaradas mais facilmente com as lições que me deixou.

Ao Programa Peixe Vivo da CEMIG, pelo apoio financeiro.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, pelo suporte e estrutura.

Ao governo, pela CAPES, agradeço a bolsa de estudo.

Aos peixinhos do Sanfra, só tenho a dizer que farei o possível para que possam continuar a viver felizes em suas casas.

RESUMO

A crescente busca pelo desenvolvimento econômico tem aumentado, cada vez mais, a necessidade de maiores quantidades de energia elétrica. Apesar de necessária, a barreira física imposta pelas barragens das usinas hidrelétricas, promove alterações graves nos cursos dos rios. O bloqueio ao acesso das áreas de reprodução e/ou alimentação pode colocar em risco as populações de peixes migradoras. Conhecer as áreas por onde se deslocam os migradores é fundamental para a restauração e conservação de espécies e pode funcionar, ainda, como uma estratégia de conservação para toda a ictiofauna de uma região. O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição bem como, o comportamento reprodutivo das espécies migradoras do alto rio São Francisco, sob influência da usina hidrelétrica de Três Marias e de um afluente expressivo, o rio Abaeté. Para isso, foram avaliadas para os peixes migradores desses dois rios: quais variáveis físico-químicas mais influenciam sua distribuição, bem como se o rio Abaeté é usado preferencialmente como rota de migração e área de desova. A hidroacústica foi a principal ferramenta deste estudo. Entretanto, tarrafas e redes de ictioplâncton foram utilizadas para complementar as informações. A alta preferência de peixes em atividade reprodutiva, significativas capturas de ictioplâncton, manutenção das características físico-químicas mais próximas às originais, elevadas densidade de peixes de grande porte e direcionamento dos peixes migradores para o seu curso, reforça o caráter prioritário do rio Abaeté para a conservação das espécies de peixes do alto rio São Francisco.

Palavras-chave: Peixes migradores. Rio São Francisco. Rio Abaeté. Hidroacústica.

ABSTRACT

The increasing quest for economic development has increased the demand for greater amounts of electricity. Besides its necessary, the physical barrier imposed by the dams of hydroelectric power plants, promotes serious changes in the watercourses. Blocking the free access for breeding and/or feeding represents a significant threat for migratory fish populations. Knowing the migratory fish area of movements is critical to the restoration and conservation policies of the species and can also function as a conservation strategy for all the fish fauna of the region. Therefore, the aim of this study was to evaluate the distribution and the reproductive behavior of migratory species of the upper São Francisco River, under the influence of the hydroelectric plant in Três Marias and a significant tributary, the Abaeté River. For the both rivers it was evaluated which physicochemical variables most influence the migratory fish distribution, spawning area preference, gonadal maturation stages, size and movement patterns. The hydroacoustic was the main tool of this study; however ichthyoplankton and cast nets were used to supplement information. The higher preference of fish reproductive activity, significant catches of ichthyoplankton, maintenance of physicochemical characteristics closer to original, high density of large fish and direction of migratory fish for its course, reinforces the importance of the Abaeté River for the Upper São Francisco River fish species conservation.

Keywords: Migratory Fish. Sao Francisco River. Abaete River. Hydroacoustics.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO GERAL..... 11
2	REFERENCIAL TEÓRICO..... 12
3	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 17
SEGUNDA PARTE- ARTIGOS	
<i>ARTIGO 1 Avaliação do comportamento reprodutivo e distribuição de peixes migradores em uma região do alto São Francisco, Minas Gerais.....</i>	
1	INTRODUÇÃO..... 20
2	MATERIAL E MÉTODOS..... 23
2.1	Área de estudo..... 24
2.2	Amostragem dos dados..... 27
2.3	Análise dos dados..... 28
3	RESULTADOS..... 30
4	DISCUSSÃO..... 41
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 47
<i>ARTIGO 2 Estudo da migração dos peixes do Alto São Francisco através da Hidroacústica: a importância do rio Abaeté para a conservação da ictiofauna.....</i>	
1	INTRODUÇÃO..... 54
2	MATERIAL E MÉTODOS..... 57
2.1	Área de estudo..... 59
2.2	Equipamento hidroacústico..... 62
2.3	Coleta de dados biológicos e de vazão..... 65
2.4	Coleta de ovos 66
2.5	Cálculo da densidade e tamanho dos peixes..... 67
2.6	Cálculo das direções dos peixes 68
2.7	Análise dos dados..... 70
3	RESULTADOS..... 71
4	DISCUSSÃO..... 80
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 84

1. INTRODUÇÃO GERAL

Esta dissertação é apresentada na forma de dois artigos: o primeiro aborda as comunidades de peixes, sua distribuição em relação às variáveis físico-químicas bem como, o comportamento reprodutivo das espécies migradoras na região da foz do rio Abaeté no São Francisco. No segundo, é abordada a dinâmica migratória dos peixes nessa região. Este estudo faz parte do projeto “*Comportamento de peixes a jusante de barragens: subsídios para a conservação da ictiofauna*”. O projeto foi desenvolvido por pesquisadores e alunos da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), em parceria com o Programa Peixe Vivo (CEMIG). O projeto tem um caráter inovador no Setor Elétrico Brasileiro, principalmente por utilizar a hidroacústica, ecossondagem e telemetria acústica, métodos ainda insipientes no Brasil, como ferramenta para avaliação do comportamento de peixes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os migradores são as espécies de peixes mais conhecidas e valorizadas na pesca profissional e na amadora (FERRAZ DE LIMA, 1986; BITTENCOUT; COX-FERNANDES, 1990; CAROSFELD et al, 2003). Essas espécies, devido aos seus amplos habitats de vida, são provavelmente o grupo mais vulnerável dos peixes (DRUMMOND, 2005). Uma das principais ameaças sofridas por esse grupo está relacionada à construção de barramentos nos cursos d'águas (GODINHO; GODINHO, 2003; AGOSTINHO et al., 2007). Conhecer as áreas por onde se deslocam os migradores é fundamental para a restauração e conservação da espécie, conseqüentemente, dos recursos pesqueiros (GODINHO; POMPEU, 2003), e pode funcionar como uma estratégia de conservação para toda a ictiofauna de uma região (AGOSTINHO et al., 2005).

Tributários livres podem causar mudanças abruptas nas características limnológicas das águas do rio principal (RICE et al., 2008) e, no caso de rios barrados, podem servir como um importante habitat para a manutenção da ictiofauna local (PRACHEIL et al. ,2009). O rio Abaeté, localizado no segmento inferior do Alto rio São Francisco, foi considerado uma área importante para conservação dos peixes da região (CODEVASF, 1988). Esse rio, por ser um importante afluente que não possui nenhuma usina hidrelétrica instalada em toda sua extensão, funciona provavelmente como um atenuador dos efeitos da regulação da usina Hidrelétrica de Três Marias, localizada no rio principal, São Francisco. Por esta razão, o rio Abaeté foi considerado como área prioritária para a conservação da biodiversidade de Minas Gerais devido à riqueza de espécies, à presença de espécies endêmicas, à reprodução de peixes de piracema e/ou por ser ambiente único na região em manter suas características lóxicas originais (DRUMMOND, 2005).

Acredita-se, que muitas espécies migradoras utilizam o rio Abaeté como rota migratória e local de desova (SATO et al., 2005). Porém, até o momento, os estudos realizados na região avaliaram a reprodução de algumas espécies migradoras (SATO et al., 1987; SATO et al., 1988; GODINHO; GODINHO, 2003; SAMPAIO; LÓPEZ, 2003; SATO et al., 2005; GODINHO; KYNARD 2006; GODINHO et al., 2006; ANDRADE-NETO, 2008), e poucas são as informações sobre dinâmica migratória delas.

Uma metodologia que permite visualizar a distribuição, o comportamento e os padrões de movimento de peixes em toda uma área é o uso de sonares. A utilização do som transmitido para detectar peixe é comumente conhecida na literatura como hidroacústica, ecossona ou acústica subaquática (BRANDT, 1996; LUCAS; BARAS, 2000). Hidroacústica é o estudo da propagação do som na água e a interação das ondas mecânicas, que constituem o som, com a água e seus limites. Recentemente o uso do som tem expandido para o monitoramento de diferentes organismos aquáticos, isso porque este é capaz de penetrar a grandes profundidades e independe da captura ativa de indivíduos.

O pulso de som emitido por um equipamento hidroacústico, a Ecossona, viaja rápido e eficientemente através da água refletindo organismos, objetos, e até mesmo o fundo do corpo d'água. Essa metodologia permite a visualização dos peixes devido à reflexão da energia acústica a partir das estruturas biológicas, como bexiga natatória e músculos (BRANDT, 1996). Tais estruturas, capazes de refletir som em função da diferença de densidade entre sua constituição e o meio, são detectadas ao longo da prospecção hidroacústica na coluna de água (SIMMOND; MACLENNAN, 2005).

Entretanto, como todas as outras técnicas de amostragem, a hidroacústica possui vantagens e limitações. As principais vantagens são: **1)** não há coleta ativa de peixes, não sofrendo interferência quando amostrados **2)**

amostra os animais aquáticos sem alterar o ambiente de coleta **3)** consegue medir a abundância de peixes na coluna d'água **4)** o tamanho médio e a trajetória de cada peixe pode ser obtido em grandes corpos d'água **5)** analisa os peixes e seus comportamentos no ambiente natural **6)** devido à velocidade do som na água, toda a coluna d'água pode ser amostrada rapidamente e detalhada em mapas de densidade de peixes **7)** o custo do equipamento é compensado pela precisão e confiabilidade dos resultados (MONTEOLIVA; SCHNEIDER, 2005) e **8)** estudos mostram que os peixes evitam pouco os sinais acústicos (BRANDT, 1996).

Como limitações da técnica têm-se: **1)** indeterminação taxonômica dos indivíduos visualizados **2)** sensibilidade a turbulências na água **3)** perda de informação próxima à superfície e ao fundo da coluna d'água **4)** escassez de pessoal treinado para operar o equipamento **5)** dificuldades em amostrar ambientes de águas rasas **6)** possibilidade de erro na determinação de peixes, como confusão entre outros objetos tais como invertebrados e bolhas de ar.

Para o funcionamento do equipamento hidroacústico, vários componentes básicos são necessários, um deles é o transmissor, que é responsável pela produção de energia elétrica em uma determinada frequência. O equipamento pode ser de diferentes frequências (número de ciclos por segundo, ou Hertz (Hz)) tais como: 38 kHz, 120 kHz, 200 kHz ou 420 kHz. A saída do transmissor é ligada a um transdutor que converte a energia elétrica em uma onda de som que se propaga na água. O transdutor pode ser colocado em duas possíveis orientações, vertical e horizontal.

O transdutor projeta o som na forma de um feixe direcional, semelhante ao feixe de luz produzido por um holofote. A onda de som é propagada em uma velocidade que varia de acordo com a temperatura, salinidade e pH da água, variando de 1400 a 1600 m/s. O som é normalmente transmitido como uma pequena explosão, ou pulso acústico, de um conjunto de duração, que varia entre

0,1 a 1,0 m/s. A taxa de transmissão do pulso (chamado pings) é geralmente alta (ex: 1 a 10 pings por segundo), objetivando uma amostragem contínua e eficiente de todo volume d'água. A frequência do som, duração do pulso e taxa de transmissão do pulso determinam a resolução espacial dos dados acústicos (BRANDT, 1996). Estes parâmetros podem ser controlados durante a calibração da Ecossonda e de acordo com o objetivo do trabalho (SIMMONDS; MACLENNAN, 2005).

O pulso acústico se propaga através da água encontrando alvos que tenham densidade diferente da água, tais como, peixes e o fundo do corpo d'água. Estes alvos refletem o som de volta para o transdutor. Este som retroespalhado (o eco) é detectado pelo transdutor e convertido em energia elétrica, logo em seguida, amplificado por circuitos eletrônicos, exibido e gravado no ecograma (mapa de amostra representativa da distribuição de peixes). Os ecogramas foram mostrados principalmente em monitores de computador, os alvos puderam ser vistos como traços de sinais (BRANDT, 1996). Informações de localização dos peixes foram obtidas através de um GPS, que foi acoplado à Ecossonda e através da medida de localização angular (3D) fornecida pelo transdutor utilizado.

Todos os dados coletados foram enviados imediatamente pela Ecossonda a um computador, devidamente equipado com um *software* de processamento e de armazenamento de dados, o *Visual Acquisition*. O *Visual Acquisition* foi usado para a aquisição e registro dos dados hidroacústicos. Os dados foram gravados e exportados posteriormente para o Software *Echoview* 4.8 para a determinação da abundância, localização e movimentação dos peixes (adaptado de BRANDT, 1996).

Apesar de constar na lista de áreas prioritárias para conservação em Minas Gerais, o rio Abaeté ainda sofre com as especulações para instalação de usinas hidrelétricas em seu curso. Com este estudo, espera-se contribuir para que

políticas públicas sejam tomadas no sentido de garantir a manutenção dos recursos pesqueiros e da fauna de peixes da região do alto São Francisco.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. **Conservation Biology**, Boston, v. 19, n. 3, p. 646-652, 2005.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem, 2007. 512 p.

ANDRADE-NETO, F. R. A. **Migração e conservação do dourado (*Salminus franciscanus*, Lima & Britski 2007) em um trecho do rio São Francisco**. 2008. 64 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

BITTENCOURT, M. M.; COX-FERNANDES, C. Peixes migradores sustentam pesca comercial. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 64, p. 20-24, 1990.

BRANDT S.B. Acoustic assessment of fish abundance and distribution. In: Murphy, R. B; Willis, D. W (Eds). **Fisheries Techniques**. Bethesda: American Fisheries Society, 1996. 732 p.

CAROLSFELD, J.; HARVEY, B.; ROSS, C.; BAER, A. **Migratory fishes of South America**. Victoria: World Fisheries Trust, 2003. 380 p.

CODEVASF. **Projeto múltiplo de Formoso: ictiofauna (Report presented to IESA – Internacional de Engenharia S.A.)**. Brasília: Codevasf, 1998, 91 p.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua conservação**. 2 ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005.

GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003.

GODINHO, A. L.; POMPEU, P. S. A importância dos ribeirões para os peixes de piracema. In: Godinho, H, P; Godinho, A. L. (eds) **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 361-372.

GODINHO, A. L.; KYNARD, B. Migration and Spawning of Radio-tagged Zulega *Prochilodus argenteus* in a Dammed Brazilian River. **Transactions of the American Fisheries Society**, Bethesda, vol. 135, p. 811-824, 2006.

GODINHO, A. L.; KYNARD, B.; GODINHO, H. P. Migration and spawning of female surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*, Pimelodidae) in the São Francisco river, Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, Dordrecht, 2006.

FERRAZ DE LIMA, J. A. A pesca no pantanal de Mato Grosso (Rio Cuiabá: a importância dos peixes migradores). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 16, n. 17, p. 87-94, 1986.

LUCAS, M. C.; BARAS, E. Methods for studying spatial behaviour of freshwater fishes in the natural environment. **Fish and Fisheries**, Geddeg, v. 1, p. 283-316, 2000.

MONTEOLIVA, A.; SCHNEIDER, P. Aplicación de un nuevo método para la evaluación censal de la ictiofauna de embalses: hidroacústica digital con haz vertical y horizontal. **Limnetica**, Madri, v. 24, p. 161-170, 2005.

PRACHEIL, B. M.; PEGG, M. A.; MEST, G. E. Tributaries influence recruitment of fish in large rivers: **Ecology of Freshwater Fish**, Oxford, v. 18, n. 4, p. 603–609, 2009.

RICE, S. P.; ROY, A. G.; RHOADS, B. L.; **Introduction: River Confluences, Tributaries and the Fluvial Network**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2008. 457 p.

SAMPAIO, E. V.; LÓPEZ, C. M. Limnologia física, química e biológica da represa de Três Marias e do São Francisco. In: Godinho, H. P.; Godinho, A. L. **Águas, Peixes, e Pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, p. 71-92, 2003.

SIMMONDS, E. J.; MACLENNAN, D. N. **Fisheries Acoustics: Theory and Practice**. 2ed. Oxford: Blackwell, 2005. 413 p.

SATO, Y.; E. L. CARDOSO; AMORIM, J. C. C. **Peixes das lagoas marginais do rio São Francisco a montante da represa de Três Marias (Minas Gerais)**. Brasília: Codevasf, 1987. 42 p.

SATO, Y.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E.; BOSCHI, M. B.; MIRANDA, M. O. T. Influence of the Abaeté River on the reproductive success of the neotropical migratory teleost *Prochilodus argenteus* in the São Francisco River, downstream from the Três Marias Dam, southeastern Brazil. **River Research and Applications**, Chichester, v. 21, n. 8, p. 939-950, 2005.

ARTIGO 1

COMPORTAMENTO REPRODUTIVO E DISTRIBUIÇÃO DE PEIXES MIGRADORES NA REGIÃO DA FOZ DO RIO ABAETÉ, ALTO SÃO FRANCISCO, MINAS GERAIS

RESUMO

Diferentes movimentos migratórios de peixes de água doce têm sido interrompidos por barragens. No presente estudo avaliou-se o papel desempenhado pelo rio Abaeté na conservação da ictiofauna migradora do alto São Francisco, que tem parte do seu trecho barrado pela Usina Hidrelétrica de Três Marias, Minas Gerais. Durante seca e chuva, entre agosto de 2012 e julho 2013, a ictiofauna dos rios Abaeté e São Francisco foi amostrada através de tarrafas com malhas de 5 e 8 cm entre nós-opostos. Foram também realizadas coletas de ictioplâncton e avaliado o estágio de maturação gonadal da espécie migradora mais abundante na região, *Prochilodus argenteus* (curimba) no período chuvoso. Três pontos de coleta foram amostrados: rio São Francisco a montante (SF1) e a jusante (SF2) da confluência com o rio Abaeté e um ponto no próprio rio Abaeté (AB). Foram coletados 738 peixes, pertencentes a 22 espécies. No período de cheia o ponto Abaeté e SF2 apresentaram fauna distinta do SF1. Isso é explicado pelo aumento do número de espécies migradoras nessas duas primeiras regiões. Quando avaliadas as variáveis que mais influenciaram na estrutura da comunidade de peixes, temperatura, transparência e vazão foram as mais importantes, sendo que transparência e vazão foram particularmente relevantes para explicar os padrões de distribuição e abundância das espécies migradoras. Neste estudo, foi também constatado que os peixes desovam preferencialmente no rio Abaeté, que apresentou alta frequência de curimbas em atividade reprodutiva, indicando que este rio é o local preferencial de desova dessa espécie. A maior ocorrência de desova de peixes migrador no rio Abaeté pode ser atribuída à manutenção, neste rio, de temperaturas, transparências e vazões mais próximas às originais, que servem como gatilho para a desova ou atuam evitando elevados níveis de predação sobre ovos e larvas. Espera-se que este conhecimento oriente melhor as políticas ambientais do estado, visto que inúmeras Hidrelétricas são previstas para o rio Abaeté.

Palavras-chave: Estrutura da comunidade. Ictiofauna. Peixes Migradores. Rio São Francisco.

ABSTRACT

Different migratory movements of freshwater fish have been interrupted by dams. In the present study the role of Abaete river for conservation of migratory fish fauna of the upper São Francisco was assessed, which has part of course blocked by the Tres Marias dam, Minas Gerais. Between August 2012 and July 2013 the fish fauna of Abaete and Sao Francisco rivers was sampled using cast nets with 5 and 8 cm between opposite knots meshes. In the rainy season, ichthyoplankton samples were performed and the stage of gonadal maturation of the most abundant migratory species in the region *Prochilodus argenteus* (curimba) evaluated. Three sites were sampled: São Francisco river upstream (SF1) and downstream (SF2) from its confluence with the Abaete river and a site in the Abaete river itself (AB). 738 fish from 22 species were collected. During the rainy season the AB and SF2 sample sites showed distinct fauna of SF1. This can be explained by the increase in the number of migratory species in these first two regions. When evaluated the variables that most influence the structure of the fish community, temperature, flow and transparency were the most important ones. Transparency and flow were particularly relevant to explain the distribution patterns of migratory species. Flow, temperature and transparency were also related to the abundance of migratory species. This study also found out that fish preferentially spawn in Abaete river. This river also showed high frequency curimbas in reproductive activity, indicating that it is the preferred spawning area for this species. The greater occurrence of migratory fish spawning in the river Abaete can be attributed to maintenance of the temperatures, transparency and flow more similar to the original, which may act as a trigger for spawning or even avoiding predation on fish eggs and larvae. It is crucial that these findings better orient the stakeholders, since many hydropower plants are planned for the Abaete river.

Keywords: Community Structure. Ichthyofauna. Migratory Fish. São Francisco River.

1. INTRODUÇÃO

A ictiofauna brasileira está sujeita a uma variedade de ameaças, e as espécies migradoras, devido aos seus amplos habitats de vida (CAROLSFELD et al., 2003), são provavelmente o grupo mais vulnerável. As principais ameaças aos peixes são efluentes doméstico, industrial e agrícola, desmatamento, introdução de espécies exóticas, sobrepesca, alteração e, sobretudo, construção de barramentos nos cursos d'água (ALVES; POMPEU, 2005; SATO et al., 2005; AGOSTINHO et al., 2007; ALVES et al., 2007). Apesar de necessária para o desenvolvimento econômico, a barreira física imposta pela barragem promove alterações graves no curso d'água e nas rotas migratórias de algumas espécies de peixes. O bloqueio ao acesso das áreas de reprodução, alimentação e/ou sítios de desenvolvimento inicial pode colocar em risco as populações de peixes migradores (ZALUME, 1970; AGOSTINHO et al., 2007). Reduções na área alagável (WELCOMME, 1979), alterações no regime de cheia, maior transparência da água, redução da vazão e alterações do canal (PETTS, 1989; SATO et al., 1995) são os maiores efeitos sentidos por um rio a jusante do barramento.

Enquanto todas as bacias experimentam essas ameaças, o represamento é especialmente intenso nas bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais. O estado abriga as cabeceiras de cinco grandes bacias (São Francisco, Grande, Paranaíba, Doce e Jequitinhonha) o que confere a Minas Gerais um enorme potencial de geração de energia elétrica (DRUMMOND et al., 2005). O Brasil tem mais de 3×10^6 ha de reservatórios dos quais mais de 23% estão localizados em Minas Gerais no Vale do São Francisco (SATO; GODINHO, 2003). Nessa bacia, 8% das espécies são comprovadamente ou possivelmente migradoras (SATO; GODINHO, 2003). Em função da vulnerabilidade destas espécies, da imensa quantidade de barragens instaladas e previstas e também pela sua

contribuição histórica de fonte brasileira de pescado (GODINHO; GODINHO, 2003), a região do alto São Francisco tem sido considerada como prioritária para a conservação de peixes em Minas Gerais (COSTA et al., 1998; DRUMMOND et al., 2005). O segmento inferior do alto rio São Francisco, que compreende o rio Abaeté, é considerado uma área importante de desova de espécies migradoras de longas distâncias da região (SATO et al., 1987; SATO et al., 1988; GODINHO; GODINHO, 2003; SAMPAIO; LÓPEZ, 2003; SATO et al., 2005; AGOSTINHO et al., 2007). O rio Abaeté, por ser um importante afluente que não possui nenhum tipo de barramento em toda sua extensão, funciona como um provável atenuador dos efeitos da regulação da usina Hidrelétrica de Três Marias, instalada na calha principal do rio São Francisco.

No presente estudo avaliou-se o papel desempenhado pelo rio Abaeté na conservação da ictiofauna migradora do alto São Francisco, procurando responder às seguintes perguntas: os rios Abaeté e São Francisco apresentam fauna de peixes distinta? Eventuais diferenças variam entre as estações seca e chuvosa? Quais variáveis físico-químicas mais influenciam na estrutura das comunidades de peixes e na presença das espécies migradoras na região? O rio Abaeté é utilizado em maior intensidade que o rio São Francisco como local de desova pelas espécies de peixes migradores da região?

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A bacia do rio São Francisco é a maior bacia hidrográfica do estado de Minas Gerais e a terceira maior do Brasil, drenando 40% do território mineiro e 7,5% do país (DRUMMOND et al., 2005). A bacia abrange uma área de 645.067 km², atravessando os estados de Minas Gerais, Bahia, Sergipe, Alagoas,

Pernambuco, Goiás e Distrito Federal. Ela está localizada entre as latitudes 7° S e 21° S. O clima é caracterizado por duas estações bem definidas: um período seco (abril a outubro) em que as menores temperaturas do inverno coincidem com o máximo da seca no mês de julho e um período chuvoso (novembro a março), no qual as temperaturas mais elevadas coincidem com os maiores índices pluviométricos entre os meses de dezembro e janeiro (CASTELLANOS-SOLÁ et al., 2006). O rio São Francisco possui 36 afluentes, dos quais apenas 19 são perenes. A bacia é dividida em quatro regiões: Alto São Francisco (da sua nascente até a cidade de Pirapora, MG), Central (de Pirapora até Remanso, BA), Sub-Central (de Remanso até Paulo Afonso, BA) e Baixo São Francisco (de Paulo Afonso até o oceano Atlântico) (GODINHO; GODINHO, 2003). Três Marias, Sobradinho, Itaparica, Moxotó, Complexo Paulo Afonso e Xingó são as grandes barragens que foram construídas na calha principal do rio São Francisco. O alto São Francisco possui parte do seu trecho barrado pela Usina Hidrelétrica de Três Marias (UHETM) entre as coordenadas 18°12'51"S/45°15'51"W.

A 34 km a jusante da UHETM o rio São Francisco recebe as águas do rio Abaeté, afluente da margem esquerda. Em toda a sua extensão, esse tributário não possui nenhum tipo de barramento. O rio Abaeté apresenta transparência, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura diferentes da água do rio São Francisco. Esse fato se deve, principalmente, aos efeitos da usina de Três Marias sobre as características limnológicas da água no São Francisco (SAMPAIO; LÓPEZ, 2003; SATO et al., 2003, SATO; GODINHO, 2003; GODINHO, 2005; SATO et al., 2005). Durante a estação chuvosa, por exemplo, o São Francisco pode apresentar temperatura da água de 3 a 6 °C mais baixa que o seu afluente Abaeté (SATO et al., 1987).

A área de estudo compreendeu dois pontos de coleta no rio São Francisco e um ponto no rio Abaeté. Os pontos no São Francisco localizaram-se

imediatamente a montante (SF1 - 18°02'17"S/ 45°11'18"W) e a jusante (SF2 - 18°02'01"S/ 45°11'02"W) da confluência com o rio Abaeté. Já o ponto no rio Abaeté (AB) estava situado a cerca de dois quilômetros da sua foz (18°02'26"S, 45°12'22"W) (Figura 1). Os pontos no São Francisco foram escolhidos de tal forma que pudessem representar a fauna do rio sem a influência das águas do Abaeté e com a influência do mesmo.

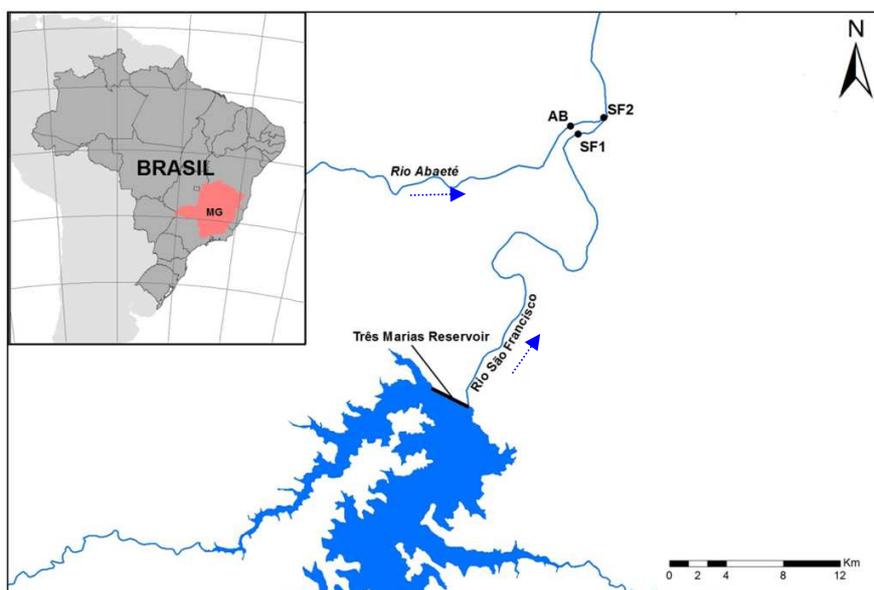


Figura 1. Pontos de estudo nos rios São Francisco e Abaeté situados a 34 km a jusante da UHETM. Os pontos no São Francisco localizaram-se imediatamente a montante (SF1) e a jusante (SF2) da confluência com o rio Abaeté. O ponto no rio Abaeté (AB) situou-se a cerca de dois quilômetros da sua foz. A seta azul tracejada corresponde ao sentido do fluxo da água nos rios.

2.2. Amostragens dos dados

As amostragens foram realizadas entre agosto de 2012 e julho de 2013, totalizando 17 coletas. As coletas aconteceram mensalmente durante o período de seca (abril- novembro) e quinzenalmente no período de chuva (novembro-março). Em cada ponto foram realizadas três amostragens, nos horários de 6, 13 e 18 horas, com o auxílio de duas tarrafas de malhas de tamanho 5 cm e 8 cm entre nós-opostos. Para cada margem do ponto e para cada malha de tarrafa foi estipulado um tempo de 15 minutos de amostragem, totalizando uma hora e trinta minutos em cada ponto por coleta. Entre cada tarrafada foi estipulada uma distância para que fosse evitada a recaptura dos peixes. Em campo, os peixes foram identificados ao menor nível taxonômico possível, medidos, pesados e liberados no rio. Aqueles indivíduos que não puderam ser identificados em campo foram separados por ponto de coleta, fixados em formol 10% e depois em álcool 70% para posterior identificação em laboratório. Além disso, exemplares testemunho de cada espécie após a fixação foram depositados na Coleção Ictiológica da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Em cada ponto de amostragem, durante cada mês do período chuvoso, cinco indivíduos da espécie migradora mais abundante da região, *Prochilodus argenteus*, foram coletados em campo e dissecados em laboratório para avaliação macroscópica das condições reprodutivas da espécie. Para a avaliação do estágio de maturação gonadal de *P. argenteus*, as gônadas dos machos (M) e das fêmeas (F) foram examinadas e classificadas segundo a escala descrita por VAZZOLER (1996). As gônadas foram classificadas como: F1 e M1 (imaturo), F2 e M2 (em maturação), F3 e M3 (em reprodução, maduro) e F4 e M4 (desovado ou esgotado). Foram considerados em atividade reprodutiva aqueles peixes que se encontravam nos estágios de maturação gonadal maduro (estágio 3).

Coletas de ictioplâncton foram realizadas apenas no período de chuva, quinzenalmente. Para comparar a densidade de ovos e larvas do rio São Francisco e do rio Abaeté, as amostragens aconteceram nos pontos SF1 e AB duas vezes ao dia, ao amanhecer e ao entardecer. As amostragens foram feitas com auxílio de rede de ictioplâncton cônica, com malha de 500 micrômetros e equipadas com um fluxômetro, no intuito de estimar o volume de água filtrado. Nos dois pontos, próximo a uma das margens, a rede foi lançada para água e arrastada por 10 minutos atrás de um barco em velocidade reduzida (NAKATANI et al., 2001). Este tipo de amostragem objetivou a coleta de ovos a deriva, típicos de peixes migradores (RIZZO; GODINHO, 2003). Posteriormente, as amostras coletadas foram fixadas em formaldeído 4%. A triagem e posteriormente a identificação do ictioplâncton foram feitas sob o estereoscópio Carl Zeiss ® Stemi DV4 sobre a placa de triagem do tipo Bogorov. As densidades de ovos e larvas foram calculadas para cada ponto de coleta e padronizadas em relação ao número de indivíduos coletados por 10 m³ de água filtrada. As larvas foram identificadas na menor categoria taxonômica possível de acordo com NAKATANI et al. (2001) objetivando identificar as espécies migradoras.

As variáveis limnológicas da água (temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e transparência) foram mensuradas a cada coleta e em cada ponto, à 50 cm da superfície d'água. Dados de vazão do período em estudo foram obtidos junto à CEMIG UHETM.

2.3. Análise dos dados

Em todas as análises foi considerado o nível de significância menor que 0.05.

Para avaliar se os rios Abaeté e São Francisco apresentam fauna de peixes distinta, os dados de composição e abundância de cada ponto foram ordenados através da análise de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS). Foi utilizado o índice de distância *Bray-Curtis*, onde foram superpostos os períodos de coleta (seca e chuva). Análise de similaridade (ANOSIM), a partir de uma matriz de distância de *Bray-Curtis*, foi utilizada para verificar diferenças significativas entre os pontos e os períodos ordenados pelo NMDS. Para avaliar quais espécies mais contribuíram na separação dos pontos de coleta entre os períodos de seca e chuva, foi realizada a análise de porcentagem de similaridade (SIMPER). Tais análises foram executadas utilizando-se o software *Primer* 6.0 (ANDERSON et al., 2008).

Empregou-se a análise dos componentes principais (PCA), por meio do software *Statistica* 9.1 (STATSOFT, 2009), para a ordenação dos três pontos nos dois períodos em estudo (seca e chuva) em um gradiente de variáveis físico-químicas (temperatura, condutividade, pH, oxigênio dissolvido, transparência e vazão). Esta análise possibilita observar as diferenças das variáveis físico-químicas nos três pontos de coleta.

Para avaliar quais variáveis físico-químicas mais influenciam na estrutura da ictiofauna nos pontos, bem como a presença das espécies migradoras neles, foi criado um Modelo Linear Baseado em Distância (DistLM) utilizando as variáveis condutividade, pH, transparência, temperatura, vazão e oxigênio dissolvido, no software *Primer* 6.0 (ANDERSON et al., 2008).

Para cada ponto amostrado, o melhor modelo para explicar o quanto o número de indivíduos das espécies migradoras está relacionado com as variáveis físico-químicas (temperatura, transparência, condutividade elétrica e vazão), foi testado através da regressão múltipla no software *Statistic* 9.1 (STATSOFT, 2009).

Para avaliar se existe preferência entre os dois rios, Abaeté e São Francisco, como área de desova para os peixes, densidades de ovos e larvas bem como, a frequência dos diferentes estágios de maturação gonadal de *Prochilodus argenteus* foram comparadas ao longo do período chuvoso.

3. RESULTADOS

Foram coletados um total de 738 indivíduos pertencentes a três ordens, 8 famílias, 17 gêneros e 22 espécies. Desse total capturado, 686 indivíduos pertenciam às espécies migradoras. Das espécies capturadas, dez são endêmicas a bacia do São Francisco, nove são consideradas migradoras, uma exótica (*Metynnis maculatus*) (GODINHO; GODINHO, 2003) e o pirá, *Conorhynchos conirostris*, se encontra na lista brasileira de animais ameaçados de extinção (MACHADO et al., 2005) A curimba, *Prochilodus argenteus*, foi a espécie capturada em maior abundância nos três pontos (Tabela 1).

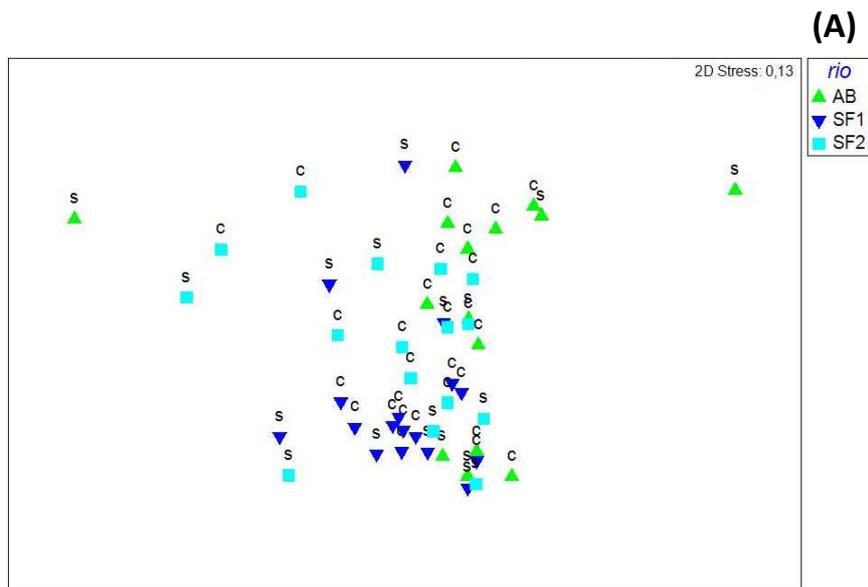
No rio Abaeté foram coletados 172 indivíduos pertencentes a 14 espécies. O mesmo número de espécies foi registrado para o rio São Francisco a montante (SF1), porém com 313 indivíduos. No rio São Francisco a jusante (SF2) foram coletados 253 indivíduos pertencentes a 15 espécies. A maior parte das espécies foi registrada durante o período chuvoso (78,86%) (Tabela 1).

Tabela 1. Lista das espécies de peixes coletadas na bacia do rio São Francisco, por período (seca e chuva) e ponto amostral (AB= rio Abaeté; SF1= rio São Francisco a montante da confluência; SF2= rio São Francisco a jusante da confluência). N = número de indivíduos; # espécie endêmica; *espécie ameaçada de extinção; ± espécie exótica; ⁰ espécie migradora (FOWLER, 1950; GODINHO; GODINHO, 2003).

Táxon	AB	SF1	SF2	seca	chuva
CHARACIFORMES					
Anostomidae					
<i>Leporinus obtusidens</i> (Valenciennes, 1836) ⁰		5	10		X
<i>Leporinus reinhardt</i> Lütken, 1875 ⁰		7	4	X	X
<i>Leporinus taeniatus</i> Lütken, 1875 [#]		6	1	X	X
<i>Schizodon knerii</i> (Steindachner 1875)		1		X	
Characidae					
<i>Brycon orthotaenia</i> Günther, 1864 ^{#0}	5	27	26	X	X
<i>Myleus micans</i> (Reinhardt, 1874) [#]		1	5	X	
<i>Salminus franciscanus</i> (Lima & Britski, 2007) ⁰	2	24	12	X	X
Prochilodontidae					
<i>Prochilodus argenteus</i> Spix & Agassiz 1829 ^{#0}	72	150	82	X	X
<i>Prochilodus costatus</i> Valenciennes 1850 ^{#0}	7	72	12	X	X
Serrasalminae					
<i>Metynnis maculatus</i> ± (Kner, 1858)		4		X	
<i>Pygocentrus piraya</i> [#] (Cuvier, 1819)	1				X
PERCIFORMES					
Sciaenidae					
<i>Pachyurus francisci</i> (Cuvier, 1830) [#]	3		4	X	X
<i>Pachyurus squamipennis</i> Agassiz 1831 [#]	6	1	4	X	X
SILURIFORMES					
Loricariidae					
<i>Hypostomus cf. margaritifer</i> (Regan 1908)	6		1	X	X
Pimelodidae					
<i>Bergiaria westermanni</i> (Reinhardt, 1874)	1				X
<i>Conorhynchus conirostris</i> (Cuvier, 1836) ^{#*0}	1	2	20	X	X
<i>Duopalatinus emarginatus</i> (Valenciennes, 1840)	2		7		X
<i>Pimelodus fur</i> (Lütken, 1874)	3				X
<i>Pimelodus maculatus</i> Lacepède 1803 ⁰	62	12	64	X	X
<i>Pseudoplatysoma corrucans</i> (Spix & Agassiz 1829) ⁰			1	X	
Pseudopimelodidae					
<i>Cephalosilurus fowleri</i> Haseman 1911	1				X
<i>Lophiosilurus alexandri</i> [#] Steindachner, 1877		1		X	
TOTAL	172	313	253	215	523

Através da ordenação dos três pontos estudados, pôde-se perceber que no período de cheia as diferenças na fauna de peixes entre os pontos foram mais acentuadas do que na seca (Figura 1A e 1B). A análise de similaridade indicou diferenças significativas na fauna de peixes entre os pontos AB e SF1 durante o período chuvoso, ANOSIM ($p=0,001$; $R=0,58$). Para este mesmo período a fauna nos pontos SF1 e SF2 apresentou-se também significativamente distinta, ANOSIM ($p = 0,001$; $R = 0,33$).

As espécies que mais contribuíram para separação dos pontos nos dois períodos, seco e chuvoso, foram as migradoras (Tabela 2). Durante a chuva, houve aumento no número de indivíduos migradores em todos os três pontos em estudo. O aumento na concentração de peixes em algumas espécies do ponto Abaeté, foi também sentido por essas mesmas espécies no rio São Francisco a jusante da confluência.



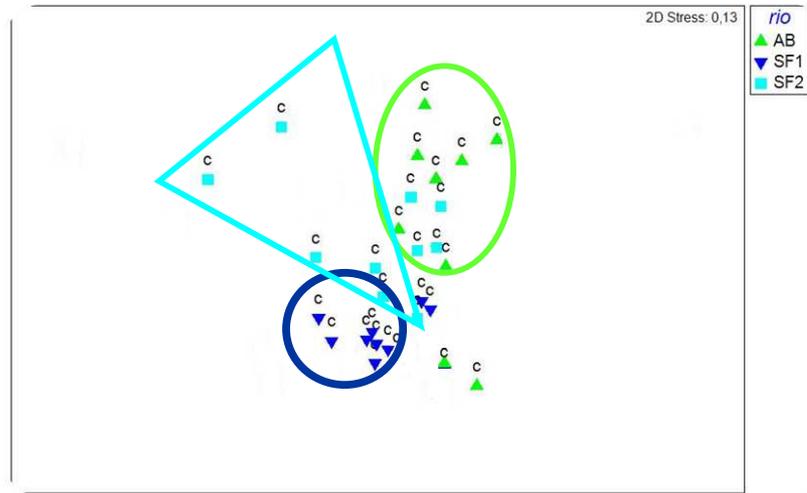
(B)

Figura 1A. Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) para os pontos de coleta Abaeté (AB), São Francisco 1 (SF1) e São Francisco 2 (SF2), durante o período de chuva (c) e seca (s). **Figura 1B.** Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) ordenando apenas o período de chuva. Círculo em verde, triângulo em azul e círculo em azul representa a separação da fauna AB, SF2 e SF1 respectivamente.

Tabela 2. Abundância média das principais espécies que contribuíram para a separação dos pontos ordenados pelo NMDS, durante o período de chuva e seca (SIMPER).

Espécies	Abundância média					
	AB		SF2		SF1	
	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva
<i>Pimelodus maculatus</i>	21,76	44,08	6,64	27,07	11,72	5,88
<i>Prochilodus argenteus</i>	33,89	24,83	42,14	25,03	33,31	53,01
<i>Prochilodus costatus</i>	3,98	2,72	5,9	5,00	9,4	17,36
<i>Salminus franciscanus</i>	0,93	0,74	11,38	2,34	11,37	7,66
<i>Brycon orthotaenia</i>	1,11	3,7	6,33	15,21	9,21	10,23
<i>Leporinus obtusidens</i>	0	0	0	4,74	0	2,68
<i>Leporinus reinhardt</i>	0	0	0	2,08	7,74	0,95
<i>Conorhynchus conirostris</i>	0	2,22	1,67	13,07	4,76	0,37
Total	61,67	78,29	76,44	94,54	91,7	98,33

Quando ordenados os três pontos nos dois períodos de estudo (seca e chuva), segundo as características físico-químicas da água, observou-se que os dois primeiros eixos da PCA foram responsáveis por 72,99% da explicação da variância total (Figura 2; Tabela 3). O primeiro eixo explicou 47,27% desta variância, enquanto o segundo, 25,72%. Temperatura com valor positivo de correlação e transparência negativo, foram as variáveis que melhor contribuíram para a explicação da variância no eixo 1. O segundo eixo teve as variáveis pH e condutividade, com valores positivos de correlação.

Foram constatadas, pela ordenação, diferenças entre as características físico-químicas da água no ponto Abaeté com os pontos no rio São Francisco. Entretanto, durante a chuva, o ponto SF2 se apresentou mais similar ao ponto Abaeté com temperaturas mais elevadas e menor transparência de suas águas. (Figura 3).

Tabela 3. Contribuição das variáveis ambientais aos dois primeiros componentes da análise dos componentes principais (PCA), para os pontos Abaeté, SF1 e SF2 durante as duas estações em estudo (seca e chuva).

Características físico-químicas	Eixo 1	Eixo 2
Temperatura	0,76	0,26
Condutividade	-0,39	0,71
pH	-0,24	0,81
Transparência	-0,78	0,18
Variação explicada (%)	47,27	25,72

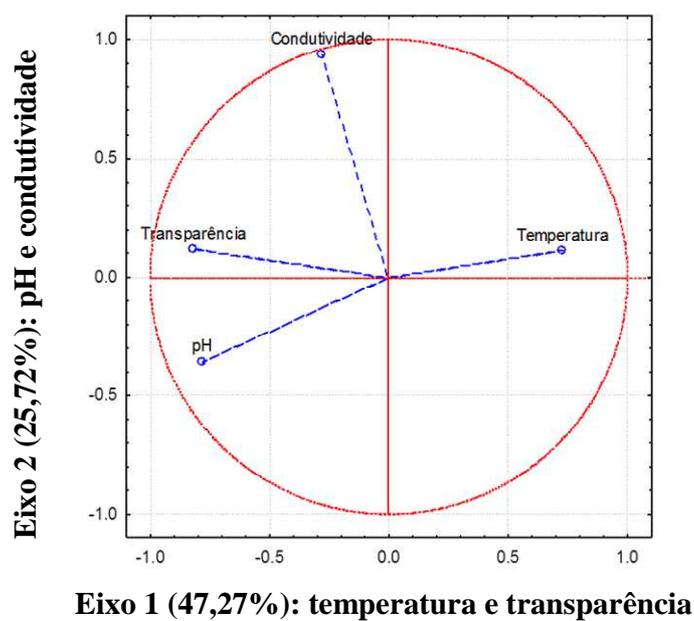


Figura 2. Projeção das quatro variáveis ambientais com maiores contribuições a variância dos dois primeiros eixos da análise dos componentes principais (PCA).

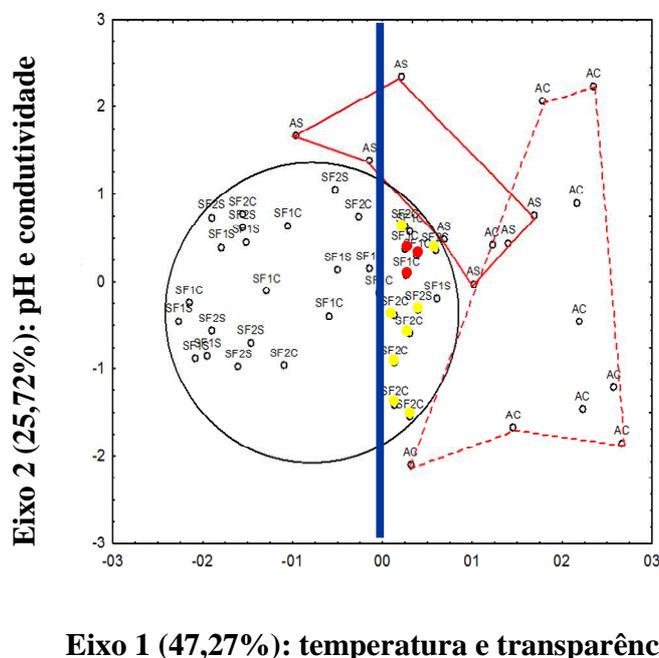


Figura 3. Projeção nos dois primeiros eixos da análise dos componentes principais (PCA) dos pontos de coleta durante a seca e chuva: Abaeté seca (AS); Abaeté chuva (AC); São Francisco1 seca (SF1S); São Francisco1 chuva (SF1C); São Francisco2 seca (SF2S); São Francisco2 chuva (SF2C). O círculo representa a separação dos pontos do rio São Francisco com o ponto do rio Abaeté. Já as áreas em vermelho, separam o rio Abaeté na seca e chuva. Destaque em vermelho e amarelo para os pontos SF2 e SF1 durante a chuva, respectivamente.

Dentre as seis variáveis ambientais avaliadas pelo DistLM, temperatura ($p=0,0027$), transparência ($p=0,0048$) e vazão ($p=0,003$) foram as que influenciaram significativamente a estrutura da comunidade nos três pontos de coleta, explicando 11% de sua variação. Quando avaliadas apenas para as espécies migradoras, transparência ($p=0,033$) e vazão ($p=0,004$) estiveram relacionadas à composição e abundância de espécies migradoras nos pontos, explicando significativamente 13% de sua variação.

As variáveis temperatura, transparência, condutividade elétrica e vazão em conjunto explicaram 54% do número de indivíduos migradores encontrados no ponto Abaeté ($p= 0,042$; $R^2= 0,54$) e 61% no ponto SF2 ($p= 0,015$; $R^2= 0,61$). Já no ponto SF1, com exceção da condutividade, essas variáveis em conjunto explicaram 45% do número de indivíduos migradores ($p= 0,043$; $R^2= 0,45$).

Apesar da maior abundância de algumas espécies migradoras no rio São Francisco (Tabela 2), dos 594 ovos de peixes registrados, menos de 4% foi capturado nesse rio (Figura 4a). De maneira similar, 43 das 45 larvas de peixe foram coletadas no rio Abaeté (Figura 4b). No Abaeté, a maior densidade de ovos foi encontrada em novembro, mês em que houve a primeira cheia no rio. Apesar do maior pico de inundação ocorrer entre os meses de janeiro e fevereiro, os migradores desovaram preferencialmente na primeira cheia do Abaeté. A maior densidade de larvas foi registrada no mês de dezembro, também no rio Abaeté. Apenas duas larvas foram encontradas no rio São Francisco (Figura 4b). Do total das larvas capturadas 62% eram representantes da família Pimelodidae

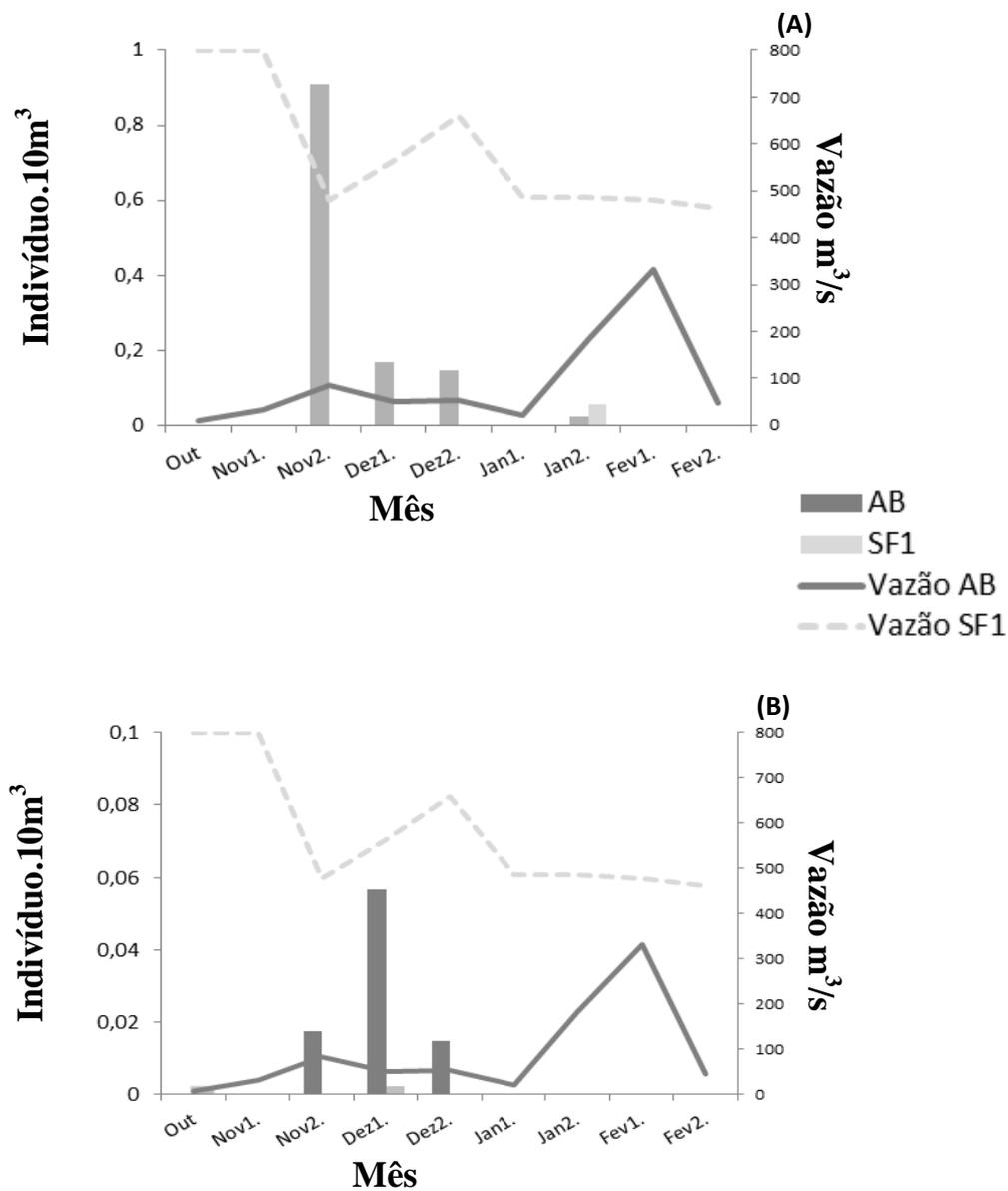
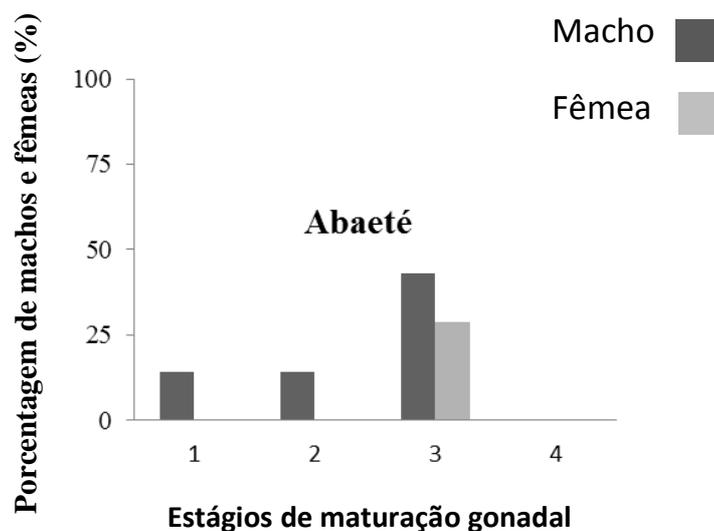


Figura 4. Variação temporal da densidade de ovos (A) e larvas (B) (Indivíduo.10m³) e da vazão (m³/s) no rio Abaeté e no São Francisco.

Foram coletados 90 indivíduos da espécie *Prochilodus argenteus* para avaliação do estágio de maturação gonadal durante o período chuvoso (Figura 5). Do total capturado no rio Abaeté, 29% eram fêmeas e todas essas apresentavam-se em maturação avançada (estágio 3). Já no SF2 e SF1 apenas 19% e 14%, respectivamente, dos indivíduos capturados eram do sexo feminino. No entanto, dessas fêmeas, apenas 2% no SF1 e 9% no SF2 estavam em maturação avançada. A frequência dos estágios de maturação gonadal nos machos mostrou que 43% no Abaeté, 48% no SF1 e 63% no SF2 encontravam-se no estágio maduro (Figura 5).



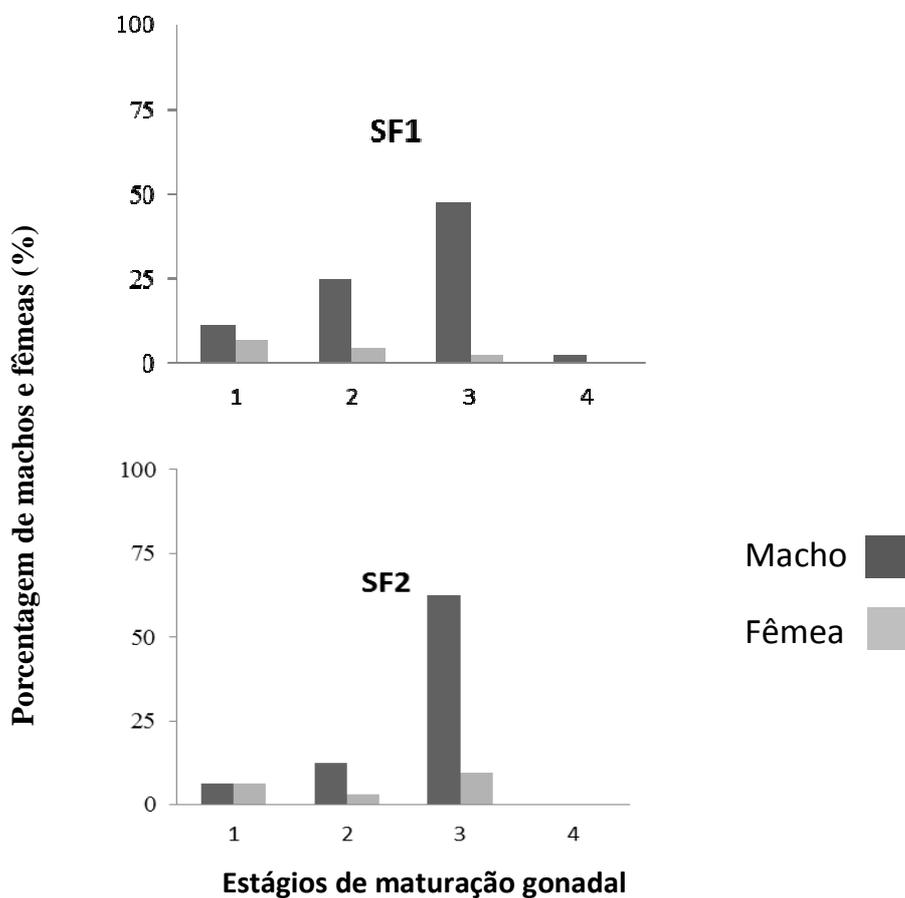


Figura 5. Estágio de maturação gonadal de *Prochilodus argenteus*, em cada ponto de coleta durante o período chuvoso. Estágio 1 (imaturo), estágio 2 (em maturação), estágio 3 (em reprodução, maduro) e estágio 4 (desovado ou esgotado).

4. DISCUSSÃO

A bacia do São Francisco apresenta descritas 244 espécies de peixes, (ALVES; POMPEU, 2005; ALVES et al., 2007; BARBOSA ;SOARES, 2009; GODINHO; KYNARD, 2009). Dentre essas, quatro espécies são consideradas endêmicas e migradoras de longas distâncias (SATO et al., 1999; GODINHO; GODINHO, 2003). Uma importante espécie desse grupo que foi capturada em grandes quantidades neste estudo foi *Prochilodus argenteus*. A curimba, como é popularmente conhecida, é uma das espécies de peixes mais importante comercialmente para a pesca profissional e de lazer na região (FRANCO DE CAMARGO; PETRERE, 2001; GODINHO et al. 2003). Apesar de sua importância, a maioria dos aspectos de sua história de vida (migrações, área de vida e locais de desovas) são pouco conhecidos (GODINHO; KYNARD, 2009). Outro importante peixe migrador e endêmico ao São Francisco é o *Conorhynchus conirostris* (pirá) que se encontra na lista brasileira como vulnerável (MACHADO et al., 2005). Esse peixe apresenta grande porte, podendo atingir até 1 metro e 18 kg (ALVES; VONO, 1998; SATO; GODINHO, 1999) o que o torna um atrativo para a pesca. Devido ao seu comportamento migratório (LÜTKEN, 1875, 2001; SATO; GODINHO, 2003) e a atual transformação do sistema lótico em lêntico na bacia, por muito tempo não tinha sido registrada a presença do pirá em diversos trechos do São Francisco (MACHADO et al., 2008). Neste estudo foi registrada a sua presença e a da curimba nos três pontos de coleta. Dessa forma, a proteção das áreas de ocorrência atual e a recuperação de trechos de ocorrência de espécies endêmicas a bacia, em especial ameaçadas, podem ser consideradas importantes ações para a sua conservação.

Através da ordenação dos pontos pôde-se perceber que enquanto no período de seca existem poucas diferenças na fauna de peixes das três regiões estudadas, na cheia, ocorre uma maior diferenciação. A fauna dos pontos Abaeté e São Francisco a jusante da confluência, foram distintas do ponto São Francisco à montante. O São Francisco a jusante apresentou muitas vezes fauna de peixes mais similares ao rio Abaeté do que ao próprio rio São Francisco a montante da confluência. Essa diferenciação se deve pelo aumento do número de espécies migradoras nos pontos. O aumento na abundância de algumas espécies de peixes no tributário Abaeté também foi sentido por essas mesmas espécies no rio São Francisco a jusante da confluência. Trabalhos anteriores já indicavam que a jusante da confluência, o rio Abaeté é capaz de influenciar a temperatura, a transparência e a condutividade do São Francisco (ESTEVES et al., 1985; SAMPAIO; LOPEZ, 2003; SATO; GODINHO, 2004; WEBER et al., 2013) atenuando os efeitos da UHETM sobre ele e conseqüentemente modificando a estrutura da comunidade.

Muito se discute acerca da importância das variáveis limnológicas como as responsáveis pela distribuição de peixes de água doce (WELCOMME 1979; ANGERMEIER; KARR, 1983; WOOTTON, 1998, UIEDA; CASTRO, 1999, ARAÚJO; TEJERINA-GARRO, 2007; WINEMILLER, et al., 2008). A limitação imposta por condições ambientais pode restringir a distribuição de uma espécie para uma fração menor do que seria a sua distribuição potencial (HUTCHINSON, 1957; PETERSON, 2003). Quando avaliadas as variáveis que mais influenciaram na distribuição das espécies de peixes nos pontos de estudo, temperatura, transparência e vazão foram as mais importantes, sendo que transparência e vazão foram particularmente relevantes.

Neste estudo observou-se que o ponto SF2, na chuva, apresentou valores de temperatura e transparência mais similares ao tributário do que ao ponto SF1. Imediatamente a jusante de um barramento as mudanças nos parâmetros

limnológicos da água dependem do nível de estratificação do reservatório e da profundidade a qual a água é liberada através das turbinas (OLDEN; NAIMAN, 2010). A temperatura mais baixa do SFI ocorre porque o reservatório de Três Marias é termicamente estratificado na época de chuva (SATO et al., 1987) e a água utilizada nas turbinas é retirada do fundo do reservatório. Porém, um valor de temperatura diferente do ótimo pode influenciar no crescimento, na taxa de alimentação (LAEVASTU; HAYES, 1984, SUZUKI et al., 2004) e na reprodução dos peixes, como foi verificada pela curimba, *Prochilodus argenteus*, em estudos anteriores nessa região (SATO et al., 2005).

O barramento pode acarretar também, a retenção dos sólidos em suspensão e nutrientes, conferindo ao reservatório e ao trecho a jusante águas mais pobres e transparentes (AGOSTINHO et al., 2007). Trabalhos apontam que a transparência está intimamente relacionada com o risco de predação, levando a preferência de ambientes menos transparentes por parte das espécies de peixes (GREGORY; LEVINGS, 1998; STOCKWELL et al., 2010) e ela, pode diminuir com o aumento da vazão. O aumento da vazão intensifica a velocidade do escoamento fluvial, a capacidade de transporte do rio e a lavagem das margens e encostas, acarretando em um aumento no material particulado e dissolvido transportado (MEDEIROS et al., 2007). Assim, a maior transparência do rio São Francisco está relacionada à regularização de suas águas, bem como pela retenção de sedimentos, causadas pelo reservatório da UHE Três Marias. Já o rio Abaeté, por não apresentar nenhum barramento, durante a chuva têm suas margens lixiviadas, apresentando suas águas e a do ponto à jusante da sua foz mais turvas. Dessa forma, o rio Abaeté é um lugar adequado para manutenção e reprodução de muitas espécies migradoras (SATO et al., 2005) e o encontro de suas águas com as do rio São Francisco, é o grande responsável por alteração nos valores de temperatura, transparência e variações na vazão, afetando assim

também, a distribuição de espécies de peixes e as condições a jusante da confluência desses dois rios (WEBER et al., 2013).

Vazão, temperatura e transparência também estiveram relacionadas com o número de indivíduos migradores nos pontos. Entretanto para os pontos SF2 e Abaeté, além dessas variáveis, a condutividade elétrica esteve também correlacionada com a abundância de peixes migradores. Como o trecho de rio do SF1 não recebe águas de nenhum tributário, a sua única fonte de materiais é o reservatório de Três Marias e por isso, os valores de condutividade não variam (ESTEVES et al., 1985; ISHII et al., 1987) já que o volume de água de um reservatório é muito grande em relação a quantidade de íons que são despejados nele (ESTEVES, 1998). Por outro lado, o controle da vazão de um curso d'água por um barramento constitui-se um dos principais impactos para a ictiofauna, especialmente para as espécies migradoras (AGOSTINHO et al., 2005, 2007; GANDINI et al., 2012). A magnitude, a frequência, a duração e a previsibilidade do pulso de água são as características mais importantes na regulação dos processos ecológicos dos peixes (POFF et al., 1997; BUNN; ARTHINGTON, 2002). É esperado que o aumento da vazão de um rio promova uma maior disponibilidade de abrigo, alimento e conseqüentemente um maior número de indivíduos (AGOSTINHO, JÚLIO JR, 1999). Além disso, os pulsos de inundação são considerados uma das principais forças para indução da migração, maturação gonadal e desova de peixes migradores (AGOSTINHO et al., 1993; VAZZOLER, 1996; CAMARGO; ESTEVES, 1996; SATO et al., 2005). Muitos estudos mostram, ainda, que a adequada temperatura da água também é um fator importante para maturação gonadal e gatilhos para desovas durante o período reprodutivo (DE VLAMMING, 1975; FERRAZ DE LIMA et al., 1984; PARKINSON et al., 1999; TVEITEN et al., 2000). Acredita-se, que por conta desses fatores, mais indivíduos das espécies migradoras preferem desovar no rio

Abaeté e na sua foz (SF2), e não desovam no trecho entre a barragem de Três Marias e o rio Abaeté (SF1) (SATO et al., 2005).

Neste estudo, apesar do rio São Francisco apresentar mais peixes migradores que o rio Abaeté, foi constatado que os peixes desovam preferencialmente no ponto Abaeté. Vale ressaltar ainda, que o mês de novembro apresentou a maior densidade de ovos, isto pode ser justificado por ter sido a primeira cheia que foi apresentada naquela região. O início da migração parece estar relacionado com as primeiras chuvas que ocorrem no período de seca (AGOSTINHO et al., 2003) e a cheia é considerado o fator mais importante para desencadear a desova, sendo fundamental para a fertilização e flutuação dos ovos (GODOY, 1975). Assim durante a cheia, o primeiro aumento que aconteceu na vazão do Abaeté, foi o gatilho para que as espécies migradoras da região começassem a sua reprodução. A coleta de larvas, maioria Pimelodidae, demonstra a preferência dessa família ao rio Abaeté para completar seu ciclo reprodutivo. A família Pimelodidae é considerada a mais diversificada dentro dos Siluriformes neotropicais, com cerca de 300 espécies (MEES, 1974). Das seis espécies capturadas dessa família três apresentam comportamento migratório, podendo ser as grandes responsáveis pela desova neste ambiente.

Estudos anteriores demonstraram que as curimbas do São Francisco abaixo do encontro com o tributário Abaeté (SF2), oferecem condições mais favoráveis de reprodução, do que as capturadas na região acima do encontro (SF1) (SATO et al., 1995; HATANAKA et al., 2006). O trabalho ainda sugere que os peixes da região SF2 podem ser fragmentados em diferentes populações, e que, durante o período reprodutivo, apenas uma parte migra sentido a barragem (SF1), enquanto que a maioria migra para locais com condições ambientais mais favoráveis para a reprodução (HATANAKA et al., 2006). Considerando-se a partir de trabalhos publicados e com este estudo, que o ponto SF1 não tem as condições ideais para a reprodução (SATO et al., 1995;

HATANAKA et al., 2006), os indivíduos mais fortes devem assumir os melhores habitats, por exemplo, tributários como o Abaeté. Neste estudo a alta frequência de peixes em atividade reprodutiva no Abaeté, com fêmeas exibindo reprodução, indica que esse rio, apresenta condições apropriadas à desova da curimba.

Relatos de pescadores, bem como, observações feitas ao longo dos últimos anos, também indicaram a desova de peixes migradores no São Francisco, abaixo da sua confluência com o rio Abaeté, e também no próprio rio Abaeté (SATO et al., 2005), apontando para a importância deste tributário no recrutamento das espécies da região. A maior ocorrência de desova de peixes migradores no rio Abaeté e a elevada presença de curimbas em atividade reprodutiva podem ser atribuídas à manutenção, neste rio, de características limnológicas mais próximas às originais, que servem como gatilho para a desova ou atuam evitando elevados níveis de predação sobre ovos e larvas. No entanto, também não pode ser descartado que eventuais populações que utilizavam, na região em estudo, o rio São Francisco como local de desova possam ter tido sua abundância reduzida, restando aquelas que, anteriormente, já utilizavam o Abaeté como sítio de reprodução. Assim, este estudo reforça o caráter prioritário do rio Abaeté para a conservação das espécies de peixes migradores do alto rio São Francisco.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGERMEIER, P. L.; KARR, J. R. Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. **Environmental Biology of Fishes**, Dordrecht, v. 9, p. 117-135, 1984.

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR, H. F.; BORGHETTI, J. R. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipu. **Revista UNIMAR**, Maringá, v. 1, n. 1, p. 89-107, 1992.

AGOSTINHO, A. A. Estratificación espacial y comportamiento de *Prochilodus scrofa* en distintas fases del ciclo de vida, en la planicie de inundación del alto río Paraná y embalse de Itaipu, Paraná, Brasil. **Revue d'Hydrobiologie Tropicale**, Paris, v. 26, p. 79-90, 1993.

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR., H. F. Peixes da Bacia do Alto Rio Paraná. In: Lowe-McConnell, R. H. (Ed.). **Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais**. São Paulo: Edusp, p. 374-400, 1999.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; SUZUKI, H. I.; JÚLIO JR., H. F. Migratory fishes of the upper Paraná River Basin, Brazil. In: Carolsfeld, J.; Harvey, B.; Ross, C; Baer, A. **Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status**. Victoria: World Fisheries Trust, 2003. p. 19-98.

AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. **Conservation Biology**, Boston, v. 19, n. 3, p. 646-652, 2005.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem, 2007. 501 p.

ALVES, C.B.M.; VONO, V. A ictiofauna do rio Paraopeba, bacia do rio São Francisco (MG), anterior à construção da escada experimental para peixes. **Anais do VIII Seminário Regional de Ecologia**, São Carlos, v. 3, p. 1523-1537, 1998.

ALVES, C. B. M.; POMPEU, P. S. Historical changes in the Rio das Velhas fish fauna Brazil. In: Rinne, J. N.; Hughes, R. M.; Calamusso, B. **Historical changes**

in large river fish assemblages of the Americas. American Fisheries Society, Symposium, Bethesda, p. 587-602, 2005.

ALVES C. B. M.; VIEIRA F.; MAGALHÃES A. L.; BRITO M. F. G. Impacts of non-native fish species in Minas Gerais, Brazil: present situation and prospects. In: Bert, T. M. (ed). **Ecological and genetic implications of aquaculture activities.** Dordrecht: Springer, 2007. p. 291–314.

ANDERSON, M. J.; GORLEY, R. N.; CLARKE, K. R. **Permanova + for Primer: Guide to Software and Statistical Methods.** Plymouth: Primer-E, 2008. 214 p.

ARAÚJO, N. B.; TEJERINA-GARRO, F. L. Composição e diversidade da ictiofauna em riachos do Cerrado, bacia do ribeirão Ouvidor, alto rio Paraná, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 24, n. 4, p. 981-990, 2007.

BARBOSA, J. M.; SOARES, E. C. Perfil da ictiofauna da bacia do São Francisco: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, São Luiz, v.4, n.1, p. 155-172, 2009.

BUNN, S. E.; ARTHINGTON, A. H. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. **Environmental Management**, New York, v. 30, p. 492–507, 2002.

CAMARGO, A. F. M.; ESTEVES, F. A. Influence of water level variation on biomass and chemical composition of aquatic macrophyte *Eichhornia azurea* (Kunth) in an oxbow lake of the rio Mogi- Guaçu (São Paulo, Brasil). **Archiv Fur Hydrobiologie**, Stuttgart, v. 135, n. 3, p. 423-432, 1996.

CAROLSFELD, J.; HARVEY, B.; ROSS, C.; BAER, A. **Migratory fishes of South America.** Victoria: World Fisheries Trust, 2003. 380 p.

CASTELLANOS-SOLÁ, M. E.; JACOBI, C. M.; LEMOS FILHO, J. P. Abiotic control of pH in tropical river waters: seasonality and geographic characteristics. **Ambio**, Stockholm, 2006.

COSTA, C. M. R.; HERRMANN, G.; MARTINS, C. S.; LINS, L. V.; LAMAS, I. R. **Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua conservação.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1998. 92 p.

DE VLAMMING, V. L. Effects of photoperiod and temperature on gonadal activity in the cyprinid teleost *Notemigonus crysoleucas*. **The Biological Bulletin**, Falmouth, v. 148, p. 402-415, 1975.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua conservação**. 2 ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.

ESTEVES, F. A.; AMORIM, J. C.; CARDOSO, E. L.; BARBOSA, F. A. R. Caracterização limnológica preliminar da Represa de Três Marias (MG) com base em alguns parâmetros ambientais básicos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 608-617, 1985.

FERRAZ DE LIMA, J. A.; BARBIERI, G.; VERANI, J. R. Período de reprodução, tamanho e idade da primeira maturação gonadal do pacu, *Colossoma mitrei*, em ambiente natural (Rio Cuiabá, Pantanal do Mato Grosso). **Anais Simpósio Brasileiro de Aqüicultura III**, São Carlos, p. 477-497, 1984.

FOWLER, H. W. Os peixes de água doce do Brasil. **Arquivos de Zoologia do Estado de São Paulo**, São Paulo, v. 6, n. 15, p. 205- 404, 1950.

FRANCO DE CAMARGO, S. A.; PETRERE JR, M. Social and financial aspects of the artisanal fisheries of middle São Francisco River, Minas Gerais, Brazil. **Fisheries Management and Ecology**, Oxford, v. 8, p. 163–171, 2001.

GANDINI, C. V.; BORATTO, I. A.; FAGUNDES, D. C.; POMPEU, P. S. Study of fish diet at Grande river downstream from Itutinga hydroelectric power plant, Minas Gerais, Brazil. **Iheringia**, Porto Alegre, vol. 102, n. 1, 2012.

GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. 468 p.

GODINHO, A. L.; BRITO M. F. G.; GODINHO, H. P. Pesca nas corredeiras de Buritizeiro: da ilegalidade à gestão participativa. In: Godinho H. P.; Godinho A. L. (org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, p. 347-360, 2003.

GODINHO, A. L.; KYNARD, B. Migratory fishes of Brazil: Life history and fish passage needs. **River Research and Applications**, [s.i], v. 25, p. 702-712, 2009.

GODINHO, A. L.; KYNARD, B. Migration and Spawning of Radio-tagged Zulega *Prochilodus argenteus* in a Dammed Brazilian River. **Transactions of the American Fisheries Society**, Bethesda, vol. 135, p. 811-824, 2006.

GODOY, M. P. **Peixes do Brasil, subordem Characoidei, bacia do rio Mogi Guaçu**. São Paulo: Ed. Franciscana, 1975. Vol. IV, p. 632-846.

GREGORY, R.S.; LEVINGS, C.D. Turbidity reduces predation on migrating juvenile Pacific salmon. **Transactions American Fisheries Society**, Bethesda, v. 127, p. 275-285, 1998.

HATANAKA, T.; SILVA F. H.; GALETTI JR, P. M. Population substructuring in a migratory freshwater fish *Prochilodus argenteus* (Characiformes, Prochilodontidae) from the São Francisco River. **Genetica**, Netherlands, v. 126, p. 153-159, 2006.

HUTCHINSON, G. E. Concluding remarks. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, New York, v. 2, p. 415-427, 1957.

ISHII, I. H. **Contribuição ao estudo do ciclo do carbono na represa de Três Marias, MG**. 1987. 158 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1987.

LAEVASTU, T.; HAYES, M. Effects of environmental factors on fish. In: **Fisheries Oceanography, Oceanography and Ecology**. London: Fishing News Books Ltd, 1984. p. 5-23.

MACHADO, A. B. M.; MARTINS, C .S; DRUMMOND, G. M. **Lista da fauna brasileira ameaçada de extinção: incluindo as espécies quase ameaçadas e deficientes em dados**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 160 p.

MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2008. v. 2, 1420 p.

MCALLISTER, D. E.; HAMILTON, A. L.; HARVEY, B. Global freshwater biodiversity: striving for the integrity of freshwater ecosystems. **Sea Wind**, Ottawa, v. 11, n. 3, p. 1-142, 1997.

MEDEIROS, P. R. P.; KNOPPERS, B. A.; SANTOS JUNIOR, R. C.; SOUZA, W. F. L. Aporte fluvial e dispersão de matéria particulada em suspensão na zona costeira do rio São Francisco (se/al). **Geochimica Brasiliensis**, São Paulo, v. 21,

P. 2, p. 209-228, 2007.

MEES, G. F. Auchenipteridae and Pimelodidae. **Zoologische Verhandelingen**, Leiden, v. 132, p. 115-246, 1974.

NAKATANI, K. **Estudo do ictioplâncton no reservatório de Itaipu (rio Paraná - Brasil): levantamento das áreas de desova**. 1994. 254 p. Tese (Doutorado em Zoologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; MAKRAKIS, M. C.; PAVANELLI, C. S. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá: Eduem, 2001. 378 p.

OLDEN, J. D.; NAIMAN, R. J. Incorporating thermal regimes into environmental flows assessments: modifying dam operations to restore freshwater ecosystem integrity. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 55, p. 86-107, 2010.

PARKINSON, D.; PHILIPPART, J. C.; BARAS, E. A preliminary investigation of spawning migrations of grayling in a small stream as determined by radio-tracking. **Journal of Fish Biology**, London, v. 55, n. 1, p. 172-182, 1999.

PETERSON, A. T. Predicting the geography of species invasions via ecological niche modeling. **Quarterly review of Biology**, Chicago, v. 78, p. 419-433, 2003.

PETTS, G. E. Perspectives for ecological management of regulated rivers. In: Gore, J. A.; Petts, G. E. (ed.). **Alternatives in regulated river management**. Boca Raton: CRC Press, 1989. p. 3-24.

POFF, N. L.; ALLAN, J. D.; BAIN, M. B.; KARR, J. R.; PRESTEGARD, K. L.; RICHTER, B. D.; SPARKS, R. E.; STROMBERG, J. C. The Natural Flow Regime: A paradigm for river conservation and restoration. **BioScience**, Washington, v. 47, n. 11, p. 769-784, 1997.

RIZZO E.; GODINHO H. P. Superfície de ovos de peixes Characiformes e Siluriformes. In: Godinho, H. P.; Godinho, A. L. **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 115-132.

SAMPAIO, E. V.; LÓPEZ, C. M. Limnologia física, química e biológica da represa de Três Marias e do São Francisco. In: Godinho, H. P.; Godinho, A. L.

Águas, Peixes, e Pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 71-92.

SATO, Y.; CARDOSO, E. L.; AMORIM, J. C. C. **Peixes das lagoas marginais do rio São Francisco a montante da represa de Três Marias (Minas Gerais).** Brasília: Codevasf, 1987. 45 p.

SATO, Y.; CARDOSO, E. L.; AMORIM, J. C. C. **Peixes das lagoas marginais do São Francisco a montante da represa de Três Marias (Minas Gerais).** Brasília: Codevasf, 1988. 35 p.

SATO, Y.; MIRANDA, M. O. T.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E. Impacto do reservatório de Três Marias sobre a piracema à jusante da Barragem. **XI Encontro Brasileiro de Ictiologia**, São Carlos, p. 2, 1995.

SATO, Y. **Reprodução de peixes da bacia do rio São Francisco: indução e caracterização de padrões.** 1999. 179 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.

SATO, Y.; GODINHO, H. P. Peixes da bacia do rio São Francisco. In: Lowe-McConnell, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais.** São Paulo: Edusp, 1999. p. 401-413.

SATO, Y.; GODINHO, H. P. Migratory fishes of the São Francisco River. In: Carolsfeld, J.; Harvey, B.; Baer, A.; Ross, C. (ed.). **Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status.** Canadá: World Fisheries Trust, 2003. p. 6-14.

SATO, Y.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E.; BOSCHI, M.B.; MIRANDA, M. O. T. Influence of the Abaeté River on the reproductive success of the neotropical migratory teleost *Prochilodus argenteus* in the São Francisco River, downstream from the Três Marias Dam, southeastern Brazil. **River Research and Applications**, Chichester, v. 21, n. 8, p. 939-950, 2005.

STATISTICA SOFTWARE. **Statistica for Windows - computer program manual.** Tulsa: Statsoft, 2009.

STOCKWELL, J. D. Empirical evaluation of predator-driven diel vertical migration in Lake Superior. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 67, n. 3, p. 473-485, 2010.

SUZUKI, H. I.; VAZZOLER, A. E. A. M.; MARQUES, E. E.; PEREZ-LIZAMA, M. A.; INADA, P. Reproductive ecology of the fish assemblages. In: Thomaz, S. M.; Agostinho, A. A.; Hahn, N. S. **The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation**. Leiden: Backhuys Publishers, 2004. p. 271-292.

TVEITEN, H.; SCOTT, A. P.; JOHNSEN, H. K. Plasma-sulfated C²¹-steroids increase during the periovulatory period in female common wolffish and are influenced by temperature during vitellogenesis. **General and Comparative Endocrinology**, v. 117, n. 3, p. 464-473, 2000.

UIEDA, V. S.; CASTRO, R. M. C. Coleta e fixação de peixes de riachos. In: Caramaschi, P. E.; Mazzoni, R.; Peres-Neto, P. R. (Ed.). **Ecologia de peixes de riachos**. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1999. p. 1-22.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da Reprodução de Peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: Eduem, 1996. 169 p.

WEBER, A. A.; FERREIRA, N. D. M.; ZEFERINO, G. R.; RIZZO, E.; BIANA S. K.; BAZZOLI, N. Downstream impacts of a dam and influence of a tributary on the reproductive success of *Leporinus reinhardti* in São Francisco River. **Aquatic Biology**, Nordbunte, v. 19, p. 195-200, 2013.

WELCOMME, R. L. **Fisheries ecology of floodplains rivers**. London: Longman, 1979. 240 p.

WINEMILLER, K. O.; AGOSTINHO, A. A.; CARAMASCHI, É. P. Fish ecology in tropical streams. In: Dudgeon, D. (Ed.). **Tropical stream ecology**. Amsterdam: Academic Press, 2008. p. 107-146.

WOOTTON, R.J. **Ecology of teleost fishes**. 2.ed. London: Chapman and Hall, 1998. 392 p.

ARTIGO 2

**AVALIAÇÃO DA MIGRAÇÃO DOS PEIXES DO ALTO
SÃO FRANCISCO ATRAVÉS DA HIDROACÚSTICA: A
IMPORTÂNCIA DO RIO ABAETÉ PARA A
CONSERVAÇÃO DA ICTIOFAUNA**

RESUMO

Ações como a construção de barragens hidrelétricas podem levar a alterações relevantes nas rotas migratórias de algumas espécies de peixes. Em Minas Gerais o rio São Francisco tem parte de suas águas barradas pela Usina Hidrelétrica de Três Marias. O rio Abaeté, afluente da margem esquerda do São Francisco, por ser livre de barramentos funciona como um provável atenuador dos efeitos da barragem causados sobre a ictiofauna sanfranciscana. Conhecer as direções de deslocamentos dos peixes migradores do alto São Francisco sobre os efeitos de um represamento pode ser uma estratégia fundamental para a restauração e conservação da espécie, bem como, para a proteção de todas as outras espécies de peixes não migradoras. Neste trabalho avaliou-se, através da hidroacústica, o padrão de movimentação (ascendente ou descendente) nos rios São Francisco e Abaeté, que indiquem a utilização do afluente como rota migratória bem como, a variação sazonal na densidade de peixes de grande porte e de ovos nos rios. Três pontos de coleta foram amostrados: rio São Francisco a montante (SF1) e a jusante (SF2) da confluência com o rio Abaeté e um ponto no próprio rio Abaeté (AB). Entre agosto de 2012 e julho 2013 a ictiofauna dos rios foi amostrada através da hidroacústica com o feixe do transdutor posicionado na horizontal em cada margem dos pontos. Coletas ativas de peixes através de tarrafas e de ovos com redes de ictioplâncton também foram realizadas. Foram coletados 738 peixes, pertencentes a 22 espécies. Pelas prospeções hidroacústicas foi visualizado um total de 42.196 peixes. Durante o período de seca, os peixes visualizados, em sua maioria, não apresentaram uma direção preferencial de movimentação. Entretanto, durante a piracema, os peixes apresentaram movimentação preferencial para o afluente Abaeté. Além disso, durante esse período, foi constatado o aumento na densidade de peixes de grande porte e o maior número de ovos dentro do rio Abaeté. Dessa forma, conclui-se que este afluente constitui a principal rota e o principal sítio reprodutivo da região.

Palavras-chave: Hidroacústica. Orientação de movimentação dos peixes.

Peixes Migradores. Rio São Francisco.

ABSTRACT

The construction of hydroelectric dams can lead to serious changes in migratory routes of some fish species. The dam-free Abaete River works as an attenuator of the dam effects on fish caused on the São Francisco river. Knowing the upper São Francisco River's migratory fish movements directions can be a key to the restoration and conservation strategies for the migratory species as well as for the protection of all other non-migratory species. This study evaluated through hydroacoustics the movement pattern (ascending or descending) in São Francisco and Abaete River that could indicate the use of the Abaete River as migratory route, and the seasonal variation in large fish and ichthyoplankton density. Three sites were sampled: São Francisco River upstream (SF1) and downstream (SF2) from its confluence with the Abaeté river and in the Abaete River itself (AB). In each site both riverside (left and right) were sampled. Between August 2012 and July 2013 the fish fauna of the rivers was sampled through the hydroacoustic with the transducer placed horizontally. Active samples of fish by cast nets and eggs and larvae by ichthyoplankton nets were also performed. 738 fish from 22 species were collected. By hydroacoustic surveys it was detected a total of 42,196 fish. During the dry season, most of the fish detected did not show a preferential direction of movement. However, during the piracema, the fish showed preferential movement towards the Abaeté River. Moreover, during this period, it was found an increase in the density of large fish and the highest number of eggs in Abaete River. Thus, it is concluded that Abaete River is the main route and the main breeding site in the sampled region .

Keywords: Hydroacoustics. Fish movement orientation. Migratory fish. São Francisco River.

1. INTRODUÇÃO

A fauna de peixes da bacia do rio São Francisco é composta por 244 espécies (ALVES; POMPEU, 2005; BARBOSA; SOARES, 2009; GODINHO; KYNARD, 2009; ALVES et al., 2011). Desse total, 8% são possivelmente migradoras (SATO; GODINHO, 2003). A migração é o movimento direcional em massa dos indivíduos de uma espécie de um local para o outro e vice-versa, repetidamente, durante toda a vida (GODINHO; POMPEU, 2003). Peixes realizam migrações em busca de melhores condições ambientais, reprodução, desenvolvimento e alimentação (LOWE-MCCONNELL, 1999; AGOSTINHO et al. 2003; CAROLSFELD et al., 2003). As migrações reprodutivas, conhecidas como piracema, ocorrem normalmente nos períodos das cheias, quando os peixes saem à procura de habitats de desova no alto curso dos rios (AGOSTINHO et al, 1992). Porém, ações como a construção de barragens hidrelétricas podem levar a alterações nas rotas migratórias de algumas espécies de peixes. Essas barreiras físicas bloqueiam o livre acesso as áreas de alimentação e reprodução afetando os migradores em seus deslocamentos ascendentes para a reprodução como na migração dos adultos e formas juvenis para jusante (AGOSTINHO et al, 1992; GODINHO, 1993; AGOSTINHO et al., 2007; POMPEU et al., 2011).

A manutenção de afluentes livres para atenuar os efeitos negativos sofridos pela ictiofauna devido à alteração de um rio principal, em particular os efeitos do represamento do rio, foi considerada estratégia promissora a restauração do ecossistema fluvial (MOYLE; MOUNT, 2007). Afluentes de grandes rios, quando mantém seu regime hidrológico natural, são fundamentais para a conservação de muitas espécies de peixes migradores (PRACHEIL et al., 2009).

As espécies de peixes migradoras são as mais conhecidas e valorizadas economicamente (RODRIGUES, 2009), conhecer as áreas e as direções de seus deslocamentos pode ser uma estratégia fundamental para a restauração e conservação dessas espécies (GODINHO; POMPEU, 2003), bem como, para a proteção de todas as outras espécies de peixes não migradoras.

No segmento inferior do alto São Francisco, a 34 km a jusante da usina hidrelétrica de Três Marias, alguns estudos têm mostrado que o rio Abaeté, livre de barramentos, funciona como um provável atenuador dos efeitos da barragem causados sobre a ictiofauna. O rio Abaeté, é utilizado como importante área de desova de espécies migradoras de longas distâncias da bacia, como *Salminus franciscanus* (dourado), *Prochilodus argenteus* (curimba) e *Pseudoplastysoma corrucans* (surubim) (SATO et al., 1987; SATO et al., 1988; GODINHO; GODINHO, 2003; SAMPAIO; LÓPEZ, 2003; SATO et al., 2005; GODINHO; KYNARD 2006; GODINHO et al., 2006; AGOSTINHO et al., 2007; ANDRADE-NETO, 2008). Porém, poucas são as informações sobre a dinâmica migratória na região, em especial sobre quando ocorrem os principais deslocamentos, e qual a importância relativa do rio Abaeté, quando comparado ao próprio São Francisco.

O uso de sonares tem sido utilizado para avaliação do deslocamento de peixes para uma determinada área, possibilitando informações sobre a localização, o tamanho médio e a trajetória de cada peixe. A utilização do som transmitido para detectar peixe é comumente conhecida na literatura como hidroacústica, ecossom ou acústica subaquática (BRANDT, 1996; LUCAS; BARAS, 2000).

Neste trabalho avaliou-se, através da amostragem hidroacústica, se existe um padrão de movimento dos peixes na chuva (piracema) e seca (após a piracema) nos rios São Francisco e rio Abaeté, que indiquem a utilização do afluente como rota migratória. Foi avaliada, ainda, a variação sazonal na densidade de peixes de grande porte no rio São Francisco e seu afluente Abaeté, bem como o uso do rio Abaeté como área de desova dos peixes migradores.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A bacia do rio São Francisco é a maior bacia hidrográfica do estado de Minas Gerais e a terceira maior do Brasil, drenando 40% do território mineiro e 7,5% do país (DRUMMOND et al., 2005). A bacia abrange uma área de 645.067 km². Ela está localizada entre as latitudes 7° S e 21° S. O clima é caracterizado por duas estações bem definidas: um período seco (abril a outubro) em que as menores temperaturas do inverno coincidem com o máximo da seca no mês de julho e um período chuvoso (novembro a março), no qual as temperaturas mais elevadas coincidem com os maiores índices pluviométricos entre os meses de dezembro e janeiro (CASTELLANOS-SOLÁ et al., 2006). O rio São Francisco possui 36 afluentes, dos quais apenas 19 são perenes. A bacia é dividida em quatro regiões: Alto (da sua nascente até a cidade de Pirapora, MG), Central (de Pirapora até Remanso, BA), Sub-Central (de Remanso até Paulo Afonso, BA) e Baixo (de Paulo Afonso até o oceano Atlântico) (GODINHO; GODINHO, 2003). Três Marias, Sobradinho, Itaparica, Moxotó, Complexo Paulo Afonso e Xingó são as grandes barragens que foram construídas na calha principal do rio São Francisco. O alto São Francisco possui parte do seu trecho barrado pela

Usina Hidrelétrica de Três Marias (UHETM) entre as coordenadas 18°12'51''S/ 45°15'51''W.

A 34 km a jusante da UHETM o rio São Francisco recebe as águas do rio Abaeté, afluente da margem esquerda que não possui nenhum barramento em toda sua extensão. Entretanto, inúmeras hidrelétricas são previstas para esse rio, em que a distância entre barramentos poderá deixar remanescentes lóticos menores que 9km de extensão (ANEEL, 2008).

A área de estudo compreendeu dois pontos de coleta no rio São Francisco e um ponto no rio Abaeté. Os pontos no São Francisco localizaram-se imediatamente a montante (SF1 - 18°02'17"S/ 45°11'18"W) e a jusante (SF2 - 18°02'01"S/ 45°11'02"W) da confluência com o rio Abaeté. Já o ponto no rio Abaeté (AB) situou-se a cerca de dois quilômetros da sua foz (18°02'26"S, 45°12'22"W) (Figura 1). Os pontos no São Francisco foram escolhidos de tal forma que pudessem representar a fauna do rio sem a influência das águas do Abaeté e com a influência do mesmo. Nesses pontos, os rios em estudo são de águas rasas, apresentando tanto na seca quanto na chuva profundidades abaixo de três metros.

As coletas foram realizadas mensalmente durante o período de seca (abril- novembro) e quinzenalmente no período de chuva (novembro-março). A primeira coleta aconteceu no mês de agosto de 2012 e a última coleta em julho de 2013, totalizando 17 coletas. Em cada ponto foi realizada amostragem hidroacústica com o feixe do transdutor posicionado na horizontal. Nesse ponto é importante considerar que a maioria dos trabalhos, o feixe do sonar (transdutor) tem sido orientado verticalmente, possibilitando uma visão do dorso do peixe (MATHIESEN, 1980; AUVINEN; JURVELIUS, 1994; LOURES; POMPEU, 2012; PRADO, 2012). Entretanto feixes orientados verticalmente são sujeitos a uma zona hidroacústica cega que se estende desde 0,5 a 5 m a partir da superfície da água, de acordo com o equipamento (LINDEM; ANDLUND,

1984). Assim, muitas vezes em rios rasos, é difícil obter bons resultados com esse procedimento. Nesse caso, vários estudos em ambientes de águas rasas, a orientação horizontal do feixe do sonar, observando os peixes na face lateral, é bastante recomendada, permitindo amostrar um volume de água maior (STEIG; JOHNSTON, 1996; GAUTHIER et al.,1997;. KNUDSEN; SÆGROV, 2002) no sentido de margem a margem do rio. Dessa maneira, com o transdutor estacionário preso em pontos fixos, há a diminuição dos problemas causados pela baixa profundidade dos rios (THORNE, 1983). Além disso, prospecções hidroacústicas móveis são uma abordagem útil para entender a distribuição dos peixes em uma área, enquanto a amostragem hidroacústica estacionária pode fornecer informações importantes sobre a movimentação (KRUMME; HANNING, 2005).

As amostragens hidroacústicas horizontais aconteceram em três pontos de coleta (AB, SF1 e SF2) nas duas margens, direita (D) e esquerda (E). Para cada margem (AD, AE, SF1D, SF1E, SF2D e SF2E) foram realizadas prospecções em três horários (6h, 13h e 18h). A prospecção hidroacústica foi realizada com o barco fixo em cada ponto por 15 minutos, totalizando uma hora e trinta minutos de visualização acústica para cada ponto por mês.

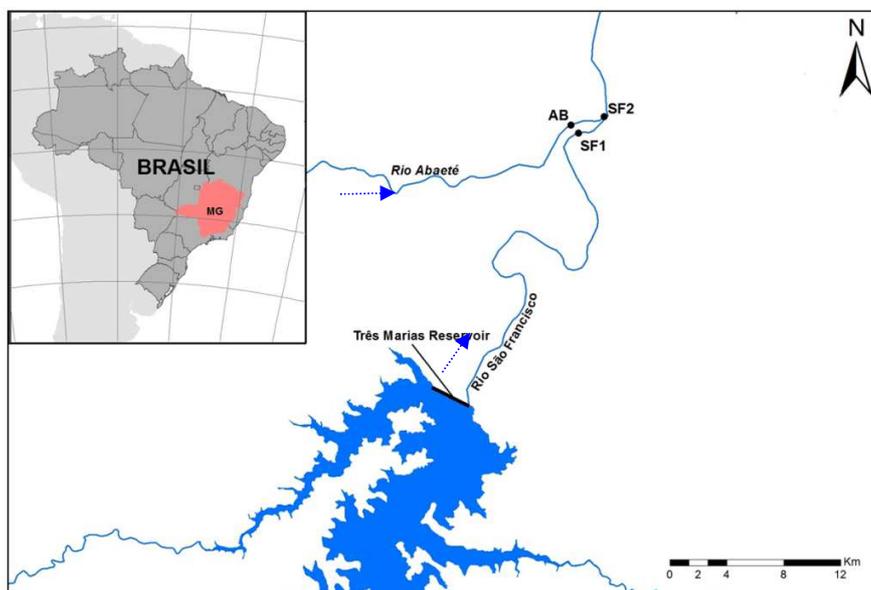


Figura 1. Pontos de estudo nos rios São Francisco e rio Abaeté situados a 34 km a jusante da UHETM. Os pontos no São Francisco localizaram-se imediatamente a montante (SF1) e a jusante (SF2) da confluência com o rio Abaeté. O ponto no rio Abaeté (AB) situou-se a cerca de dois quilômetros da sua foz. A seta azul tracejada corresponde ao sentido do fluxo da água nos rios.

2.2. Equipamento hidroacústico

Para o estudo foi utilizada uma ecossonda, Biosonics Científica Digital DT-X, equipada com um transdutor digital DT-X *split beam* operado em frequência de 120 kHz e com abertura circular de visualização de 6°. A ecossonda digital foi acoplada a um sistema de posicionamento global diferencial (DGPS), com uma antena de alta sensibilidade 17X NMEA 0183HVS (Garmin).

Para aquisição dos dados e classificação dos alvos visualizados, a configuração do equipamento foi feita segundo MACLENNAN; SIMMONDS

(2002) (Tabela I). Antes de cada prospecção, valores de pH e temperatura (°C) foram obtidos através da sonda multiparâmetros YSI modelo 556 e inseridos no programa de aquisição de dados. Como a curta duração entre os pulsos emitidos pelo sonar maximiza a visualização de alvos individuais e minimiza os ruídos (KRUMME; SAINT- PAUL, 2003) a duração do pulso para este estudo foi definida em 0,3 m/s. O número de pulsos que foi emitido por segundo (chamado pings) foi de 10 pings por segundo (pps). Esses valores foram definidos a partir de estudos anteriores com migrações de peixes em que o transdutor fixo foi posicionado na horizontal (STEIG; JOHNSTON, 1996; KRUMME, 2004; GODLEWSKA et al., 2011).

Tabela 1. Parâmetros utilizados na configuração da ecossonda para aquisição dos dados.

Parâmetro	Valor
Duração do pulso	0,3 m/s
Taxa de pulsos	10 pps
Visualização máxima esperada	16 metros
Limiar de energia acústica (<i>Threshold</i>)	-60 dB
Largura do feixe entre 3dB e -3 dB	6,8° x 6,8°
Salinidade	0
Posição do transdutor	Horizontal
Temperatura	Mensurado durante a amostragem
pH	Mensurado durante a amostragem
Velocidade do som (m/s)	Mensurado durante a amostragem *
Coefficiente de absorção (dB/m)	Mensurado durante a amostragem **

* Algoritmos do *Visual Acquisition* baseado em Medwin (1975) e Pike & Beiboer (1993).

** Algoritmos do *Visual Acquisition* baseado em Francois & Garrison (1982) e MacLennan & Simmonds (1992).

Para assegurar a cobertura eficiente dos pontos em estudo, com a visualização máxima possível, o transdutor *split-beam* foi fixado na lateral do

barco de alumínio, posicionado com seu feixe na direção horizontal. O transdutor foi posicionado a 0,5 metros ou 0,85 metros, abaixo da superfície da água, dependendo da profundidade do ponto (Figura 2). Com o auxílio de um computador acoplado a ecosonda, os ecos (alvos que refletem o som incidido sobre eles) foram visualizados em tempo real e armazenados em um ecograma (imagem com os alvos prospectados) produzido pelo programa Software *Visual Acquisition* 6.0 que foi instalado no computador para aquisição dos dados (BIOSONICS INC., 2010). Os dados do ecograma foram exportados posteriormente para o Software *Echoview* 4.8 para o tratamento dos dados obtidos. Para a padronização da amostragem, quando o transdutor foi colocado a uma profundidade de 0,50 metros, a imagem foi limitada a visualização de 10 metros de distanciamento do transdutor, e quando fixado a 0,85 metros foi limitada a 16 metros.

Objetivando a visualização de peixes durante todo o estudo, a ecosonda foi calibrada com valor de TS (*Target Strength*) mínimo de -60 dB. O TS representa a razão entre a energia que é refletida por um alvo e a quantidade de energia que incide sobre esse alvo (MACLENNAN; SIMMONDS, 2002). Assim, os alvos com valores abaixo do limite mínimo de visualização de -60 dB não foram computados.

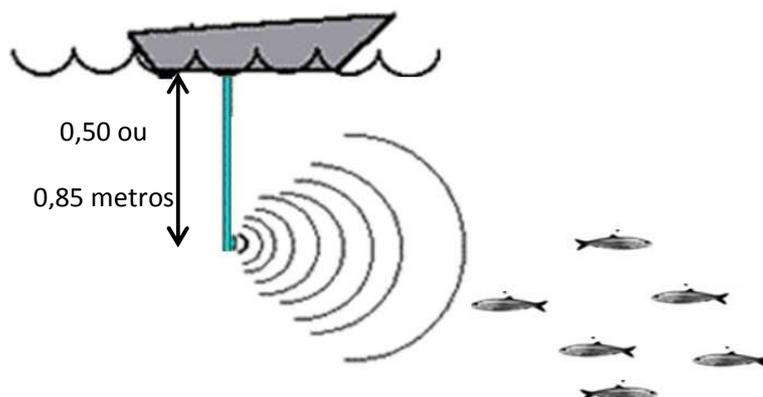


Figura 2. Desenho esquemático da amostragem hidroacústica com o transdutor posicionado na lateral do barco de alumínio com o seu feixe na direção horizontal e a 0,5 metros ou 0,85 metros abaixo da superfície da água.

2.3. Coleta de dados biológicos e de vazão

Para validação e maior aceitação dos resultados obtidos através das amostragens hidroacústicas, é recomendada a realização de coletas ativas de peixes na região em estudo para a obtenção de informações sobre composição das espécies (GUILLARD, 1998; YULE, 2000; SPINELLI, 2010; JURVELIUS et al., 2011). Para isso, foram realizadas coletas ativas de peixes nos três pontos de coleta. As amostragens foram realizadas mensalmente durante o período de seca (abril- novembro) e quinzenalmente no período de chuva (novembro-março). A primeira coleta aconteceu no mês de agosto de 2012 e a última coleta em julho de 2013. As coletas aconteceram imediatamente após a amostragem hidroacústica.

Foram realizadas em cada ponto três coletas de peixes nos horários de 6h, 13h e 18h. As coletas foram realizadas através de duas redes de tarrafa de

malhas de tamanho 5 cm e 8 cm entre nós-opostos. Para cada tarrafa e para cada ponto foi estipulado um tempo de 15 minutos de amostragem para cada margem do rio, totalizando uma hora e trinta minutos de amostragem em cada ponto por coleta. Entre cada tarrafada foi estipulada uma distância para que fosse evitada a recaptura dos peixes. Em campo, os peixes foram identificados ao menor nível taxonômico possível, medidos, pesados e liberados no rio. Aqueles indivíduos que não puderam ser identificados em campo foram separados por ponto de coleta, fixados em formol 10% e depois em álcool 70% para posterior identificação em laboratório. Além disso, exemplares testemunho de cada espécie após a fixação foram depositados na Coleção Ictiológica da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Para comparação com a densidade e tamanho dos peixes, dados de vazão, referentes ao período de realização do estudo, foram obtidos junto à Cemig UHETM.

2.4. Coleta de ovos

Coletas de ovos de peixes foram realizadas quinzenalmente no período de chuva (outubro- março). Para comparar a densidade de ovos do rio São Francisco e do rio Abaeté, as amostragens aconteceram nos pontos SF1 e AB duas vezes ao dia, ao amanhecer e ao entardecer. As amostragens foram feitas com auxílio de rede de ictioplâncton cônica, com malha de 500 micrômetros e equipadas com um fluxômetro, no intuito de estimar o volume de água filtrado. Em cada ponto, próximo a uma das margens, a rede foi lançada (com distância de aproximadamente 10 metros, e em profundidade de cerca de 1 m) e arrastada por 10 minutos atrás de um barco em velocidade reduzida (NAKATANI et al., 2001). Este tipo de amostragem objetivou a coleta de ovos a deriva, típicos de peixes migradores (RIZZO; GODINHO, 2003). Posteriormente, as amostras

coletadas foram fixadas em formaldeído 4%. A triagem foi feita sob o estereoscópio Carl Zeiss ® Stemi DV4 sobre a placa de triagem do tipo Bogorov. As densidades de ovos foram calculadas para cada ponto de coleta e padronizadas em relação ao número de indivíduos coletados por 10 m³ de água filtrada.

2.5. Cálculo da densidade e tamanho de peixes

O método hidroacústico com o transdutor do tipo *split –beam* permite estimar a quantidade e as dimensões de cada peixe na área amostrada (LOVE, 1971a, STEIG; JOHNSTON, 1996). Essas métricas foram obtidas junto ao software *Echoview* 4.8. A abundância de peixes na área de estudo, durante as prospecções, foi determinada a partir da contagem de traços de peixes (*fish tracks* – TP). Um traço de peixe é a combinação de pelo menos três ecos individuais provenientes de um único peixe (EHRENBERG; TORKELSON, 1996). Para ser considerado um traço foi necessário que mais de três ecos estivessem separados um do outro por não mais que três *pings*.

O tamanho dos peixes visualizados no ecograma pode ser obtido através da avaliação do TS (*Target Strength*) de cada peixe. O valor do TS é dado pelo software *Echoview* 4.8 para cada traço de peixe detectado. Quanto maior o valor de TS maior é tamanho do peixe visualizado.

A fim de padronizar as amostragens hidroacústicas, a densidade de peixes foi dada pelo número de indivíduos visualizado dividido por m² de área prospectada.

2.6. Cálculo das direções dos peixes

Através do software *Echoview* é possível também obter a direção de cada peixe no momento da prospecção hidroacústica. Porém, para isto é necessário que o transdutor seja do tipo *split-beam*. O transdutor do tipo *split-beam* divide o sinal do som em quadrantes, em que a direção do alvo é determinada por comparação dos sinais recebidos em cada quadrante (MACLENNAN; SIMMONDS, 1992) (Figura 3).

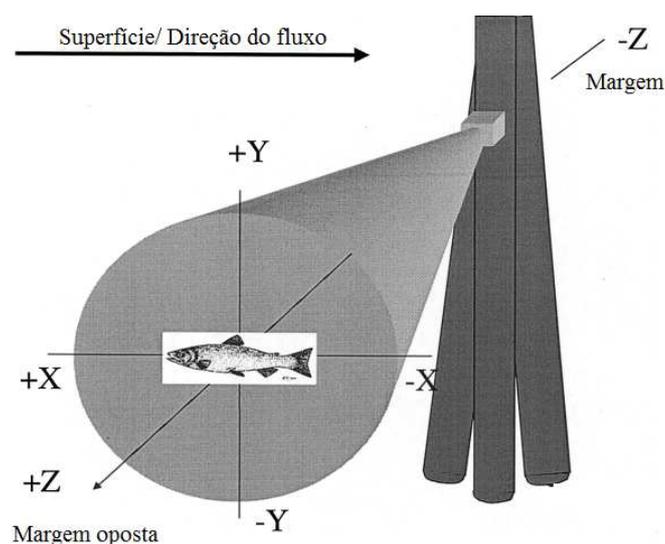


Figura 3. Desenho esquemático de um transdutor *split-beam* com o seu feixe acústico posicionado na horizontal dividido em quadrantes. O eixo Y representa a profundidade do peixe na coluna d'água; (+Y, -Y). O eixo X representa a direção do peixe no curso d'água; (+X, -X). O eixo Z representa o distanciamento do peixe ao transdutor; (+Z, -Z) (Adaptado de HEDGEPEETH et al., 2000).

Este tipo de transdutor não possui sensor de orientação, mas permite conhecer a direção dos peixes a partir das interpretações das médias angulares de cada peixe dentro do feixe acústico. O valor do ângulo de cada peixe é dado pelo *Echoview*, mas para sua interpretação foi preciso a execução de testes preliminares. Assim, os testes foram realizados em uma piscina objetivando padronizar a metodologia de avaliação da direção dos peixes quando um transdutor é posicionado com o feixe na horizontal em pontos fixos. Uma esfera de carboneto de tungstênio, com característica de refletância conhecida, foi posicionada e movimentada no feixe do sonar representando os deslocamentos de um peixe. O transdutor foi fixado em uma das laterais da piscina com o seu feixe posicionado na direção horizontal do corpo d'água e um dos lados foi marcado como ponto de referência para orientação. Foram realizados movimentos com a esfera simulando diferentes direções do peixe na coluna d'água: contra o fluxo d'água; a favor do fluxo d'água; em direção à superfície e em direção ao fundo. Para cada tipo de movimentação foi gerada uma média dos valores das coordenadas angulares. Com o transdutor posicionado horizontalmente, e com o seu cabo voltado para jusante, orientação de referência, os ângulos de 26°, 193°, 116° e 291° corresponderam respectivamente a deslocamentos para montante, jusante, superfície e para o fundo. De posse desses valores foi possível interpretar o valor do ângulo de cada peixe fornecido *in situ* pelo *Echoview*.

Para este estudo, objetivando avaliar apenas a trajetória de peixes migradores em atividade reprodutiva, o valor mínimo de TS foi definido para peixes de grande porte, segundo a equação de FOOTE (1987) (1). Para obter o valor mínimo de TS foi utilizado o comprimento total da menor espécie migradora da região, quando no estágio maduro (época reprodutiva). O mandi-amarelo, *Pimelodus maculatus*, é a menor espécie com comportamento migrador do alto São Francisco, apresentando o comprimento total médio de 18

centímetros para a primeira maturação (SATO; CARDOSO, 1988; ALVES et al., 2011). A partir deste valor, alvos com valores abaixo do limite mínimo de visualização de -46,8 dB não foram avaliadas.

$$TS = 20 \text{Log}_{10} L_m - 71,9 \quad (1)$$

Onde:

L_m = comprimento total do menor migrador da região em metros

2.7. Análise dos dados

Para determinar padrões migratórios nos três pontos em estudo, foi testada a existência ou não de orientação direcional dos movimentos (migração para montante ou jusante) dos peixes de grande porte, através do teste de Rayleigh, pelo *Software* BioEstat 5.0. Esse teste utiliza os valores dos ângulos de cada peixe fornecido pelo *Echoview* para testar a hipótese nula de que a distribuição dos ângulos é uniforme em cada quadrante. Isso permite determinar se as orientações dos peixes são não-aleatórias. Assim, a partir da interpretação do valor angular gerado pelo teste de Rayleigh foi esboçado, através de setas, a direção preferencial para cada ponto a cada três meses de estudo. Para isso, foram considerados peixes de grande porte, aqueles com valores acima do limite de visualização de -46,8dB.

Valores de vazões, durante o período chuvoso, foram avaliados em um gráfico para o ponto do rio São Francisco a montante da confluência e para o rio Abaeté.

A fim de verificar diferenças nos tamanhos dos peixes entre os pontos em cada época (seca e chuva), um histograma foi criado. Foi avaliado o tamanho

dos peixes visualizados e sua abundância para cada três meses durante o ano de estudo.

Um gráfico de densidade de peixes de grande porte com a densidade de ovos foi criado para comparação entre os pontos Abaeté e São Francisco a montante da confluência. Para isso, foram considerados peixes de grande porte.

3. RESULTADOS

Foram capturados pela pesca ativa com tarrafas um total de 738 indivíduos pertencentes a três ordens, 8 famílias, 17 gêneros e 22 espécies (Tabela 2). Desse total, 686 indivíduos (93%) pertenciam a espécies migradoras.

Tabela 2. Lista das espécies de peixes coletadas na bacia do rio São Francisco, por período (seca e chuva) e por ponto amostral (AB= rio Abaeté; SF1= rio São Francisco a montante; SF2= rio São Francisco a jusante). N = número de indivíduos; # espécie endêmica; *espécie ameaçada de extinção; ± espécie exótica; ⁰ espécie migradora (FOWLER, 1950; GODINHO; GODINHO, 2003).

Táxon	AB	SF1	SF2
CHARACIFORMES			
Anostomidae			
<i>Leporinus obtusidens</i> (Valenciennes, 1836) ⁰		5	10
<i>Leporinus reinhardt</i> Lütken, 1875 ⁰		7	4
<i>Leporinus taeniatus</i> Lütken, 1875 [#]		6	1
<i>Schizodon knerii</i> (Steindachner 1875)		1	
Characidae			
<i>Brycon orthotaenia</i> Günther, 1864 ^{#0}	5	27	26
<i>Myleus micans</i> (Reinhardt, 1874) [#]		1	5
<i>Salminus franciscanus</i> (Lima & Britski, 2007) ⁰	2	24	12
Prochilodontidae			
<i>Prochilodus argenteus</i> Spix & Agassiz 1829 ^{#0}	72	150	82
<i>Prochilodus costatus</i> Valenciennes 1850 ^{#0}	7	72	12
Serrasalminae			
<i>Metynnis maculatus</i> ± (Kner, 1858)		4	
<i>Pygocentrus piraya</i> [#] (Cuvier, 1819)	1		
PERCIFORMES			
Sciaenidae			
<i>Pachyurus francisci</i> (Cuvier, 1830) [#]	3		4
<i>Pachyurus squamipennis</i> Agassiz 1831 [#]	6	1	4
SILURIFORMES			
Loricariidae			
<i>Hypostomus cf. margaritifer</i> (Regan 1908)	6		1
Pimelodidae			
<i>Bergiaria westermanni</i> (Reinhardt, 1874)	1		
<i>Conorhynchos conirostris</i> (Cuvier, 1836) ^{#*0}	1	2	20
<i>Duopalatinus emarginatus</i> (Valenciennes, 1840)	2		7
<i>Pimelodus fur</i> (Lütken, 1874)	3		
<i>Pimelodus maculatus</i> Lacepède 1803 ⁰	62	12	64
<i>Pseudoplatysoma corrucans</i> (Spix & Agassiz 1829) ⁰			1
Pseudopimelodidae			
<i>Cephalosilurus fowleri</i> Haseman 1911	1		
<i>Lophiosilurus alexandri</i> [#] Steindachner, 1877		1	
TOTAL	172	313	253

Através das prospecções hidroacústicas foi detectado um total de 42.196 traços de peixes. Entre seca e chuva, houve diferenças na quantidade de traços de peixes visualizados nos pontos (Figura 4). O SF1, entre os três pontos estudados, foi o que apresentou tanto no período de seca quanto no de chuva a menor densidade de peixes de grande porte visualizados. A maior densidade de peixes maiores, durante o período chuvoso, foi encontrada dentro do rio Abaeté. Já para o período seco, a maior visualização foi para o ponto SF2 (Figura 4).

Durante os primeiros meses de seca (agosto - outubro) observaram-se movimentos aleatórios, sem direção preferencial significativa no ponto SF1 (Figura 4). Já para o ponto do rio São Francisco a jusante da confluência, os peixes de grande porte apresentaram maior preferência ao movimento descendente. O mesmo foi observado para o rio Abaeté, pela margem direita (AD) (Figuras 4 e 5).

Com o início do período chuvoso (novembro- março), os peixes de grande porte visualizados nas duas margens do ponto SF2 (SF2E e SF2D) apresentaram movimentos preferenciais de subida do rio. Com a cheia, também houve mudanças no ponto SF1, que passou a ter movimentação preferencial significativa (Figuras 4 e 5). Essa movimentação foi percebida em maior densidade de peixes maiores no sentido da foz do rio Abaeté, pela margem direita (SF1D). Porém, movimentação contrária, de subida dos peixes maiores sentido a UHETM, também foi identificada para a margem esquerda do ponto SF1 (SF1E), mas em densidades menores. No rio Abaeté, durante este período, os movimentos ascendentes passaram a ser predominantes (Figuras 4 e 5).

Com o retorno da seca (maio- julho) a densidade de peixes de grande porte que descia o rio pela margem direita do SF1 (SF1D) e subiam pela margem esquerda deste ponto (SF1E) foi similar (Figuras 4 e 5). Ainda, no ponto Abaeté, nestes três meses de seca a direção preferencial permanecia ascendente pelas duas margens (AE e AD), porém em proporções bem menores que visualizada durante a cheia.

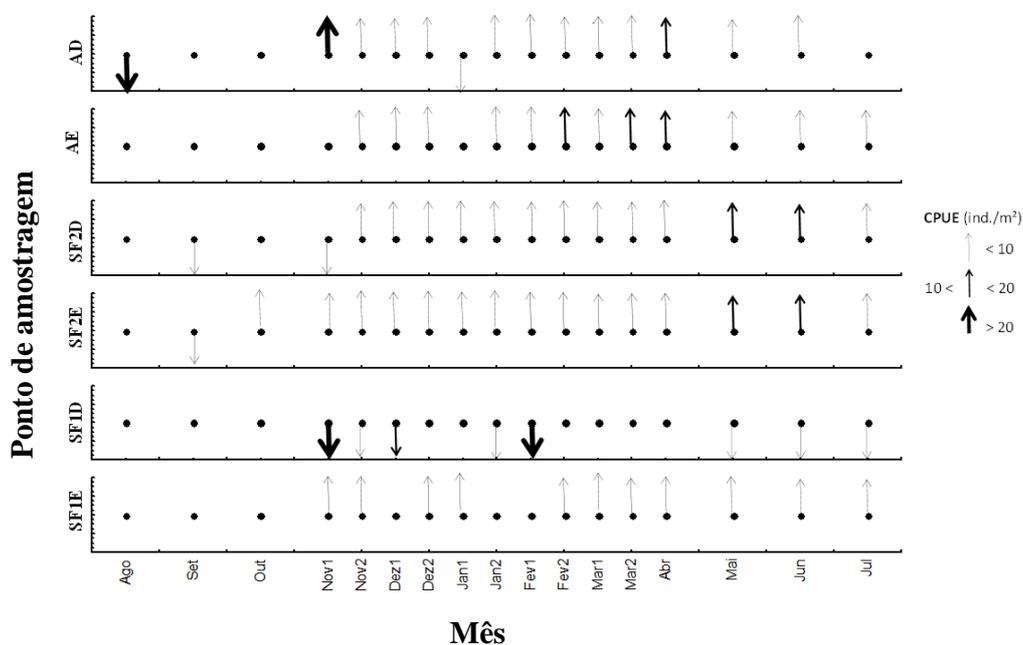


Figura 4. Representação dos movimentos preferenciais dos peixes de grande porte em cada margem dos três pontos amostrados durante o ano em estudo. Movimentos aleatórios sem direção preferencial não foram representados na imagem. Movimentos preferenciais ascendentes e descendentes foram indicadas pelas setas. A espessura da seta foi proporcional à densidade de peixes (número de indivíduos/ m² de área prospectada).

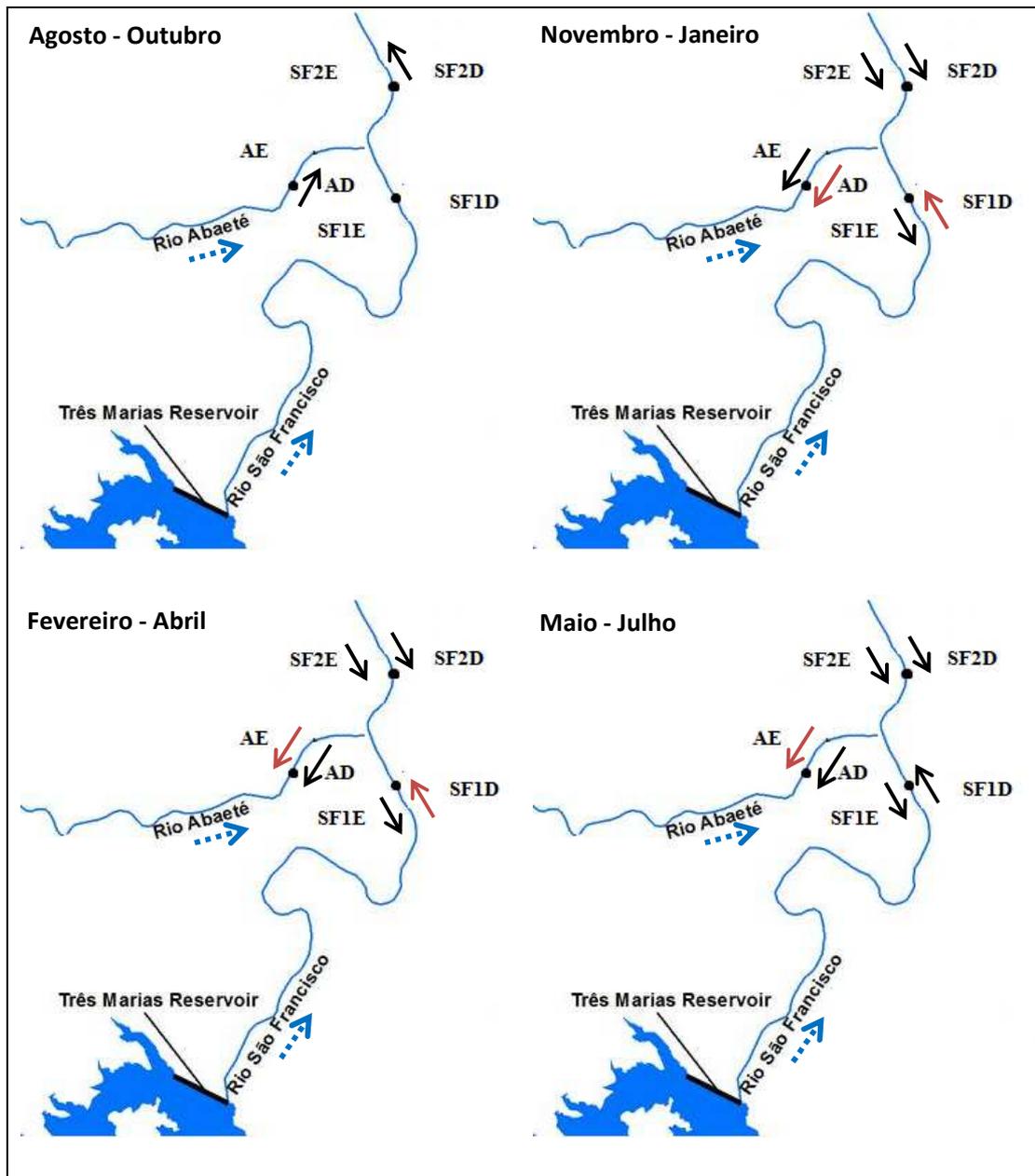


Figura 5. Desenho esquemático da interpretação dos valores angulares gerados pelo teste de Rayleigh. Para cada margem dos pontos e a cada três meses de estudo foram desenhadas as direções de migração preferencial (montante ou jusante) dos peixes de grande porte. Pontos em que não houve uma direção preferencial não foram representados na imagem. Setas em coloração vermelha correspondem a maior densidade de peixes visualizada em comparação as margens do mesmo ponto. A seta azul tracejada corresponde ao sentido do fluxo da água nos rios.

Durante os meses de chuva, novembro e dezembro, o rio São Francisco apresentou decréscimos nos valores de vazões. Já o rio Abaeté, observou-se em outubro, início das chuvas, o aumento da sua vazão e o pico de cheia no início de fevereiro (Figura 6).

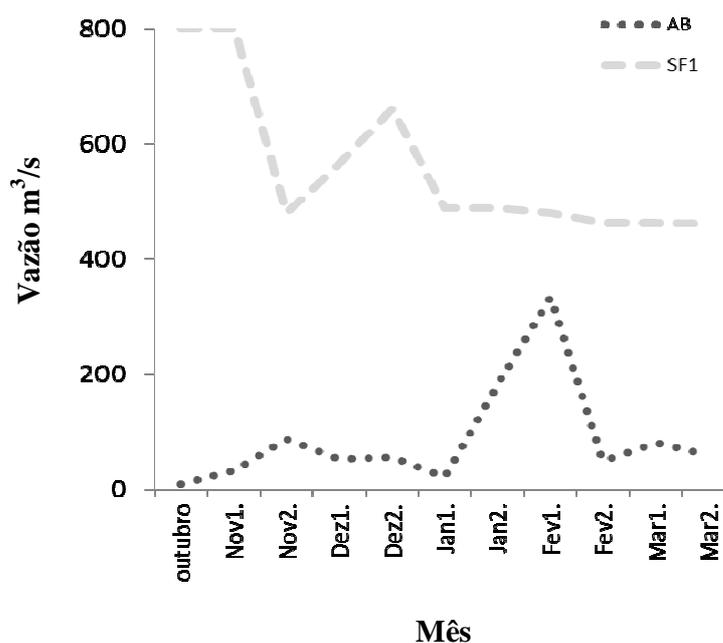


Figura 6. Valores de vazão entre o ponto no rio São Francisco a montante (SF1) e o rio Abaeté ao fim do período seco e durante o período chuvoso.

Avaliando o tamanho médio dos peixes a partir de sua reflexão acústica, foi verificado que no mês de outubro, fim da seca e início da cheia, o rio Abaeté apresentou maiores densidades de peixes de grande porte (Figura 7), padrão que continuou durante o mês de janeiro. Somente a partir do mês de abril, início da seca, a densidade de peixes de grande porte começou a aumentar no rio São Francisco, e a diminuir no Abaeté, se mantendo assim em julho (Figura 7).

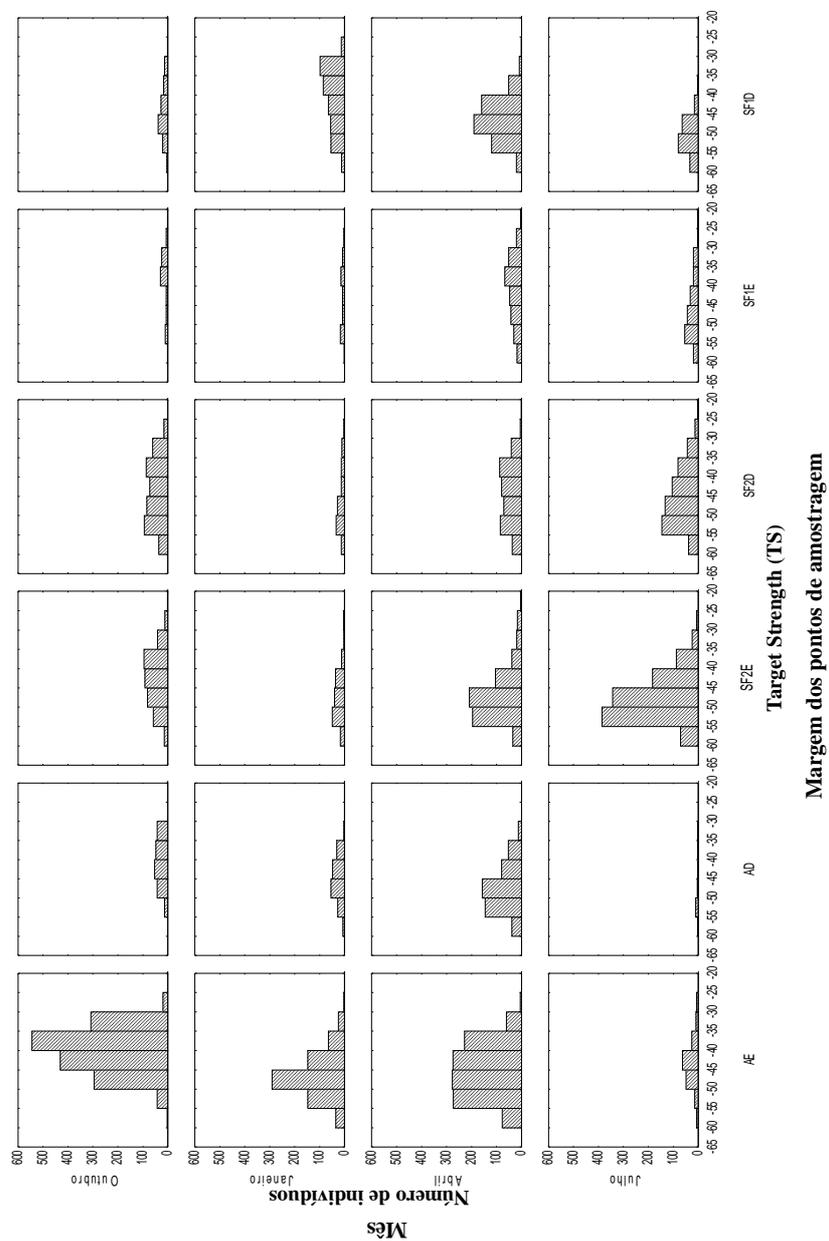


Figura 7. Histograma trimestral do número de peixes em diferentes tamanhos (dB) entre os pontos em estudo.

O aumento nas densidades de peixes de grande porte no rio Abaeté precedeu o pico de capturas de ovos de espécies migradoras neste mesmo rio, quando no início do período reprodutivo (outubro/novembro). Por outro lado, a densidade de peixes de grande porte no São Francisco também aumentou neste mesmo período, porém não foram observadas capturas significativas de ovos (Figura 8).

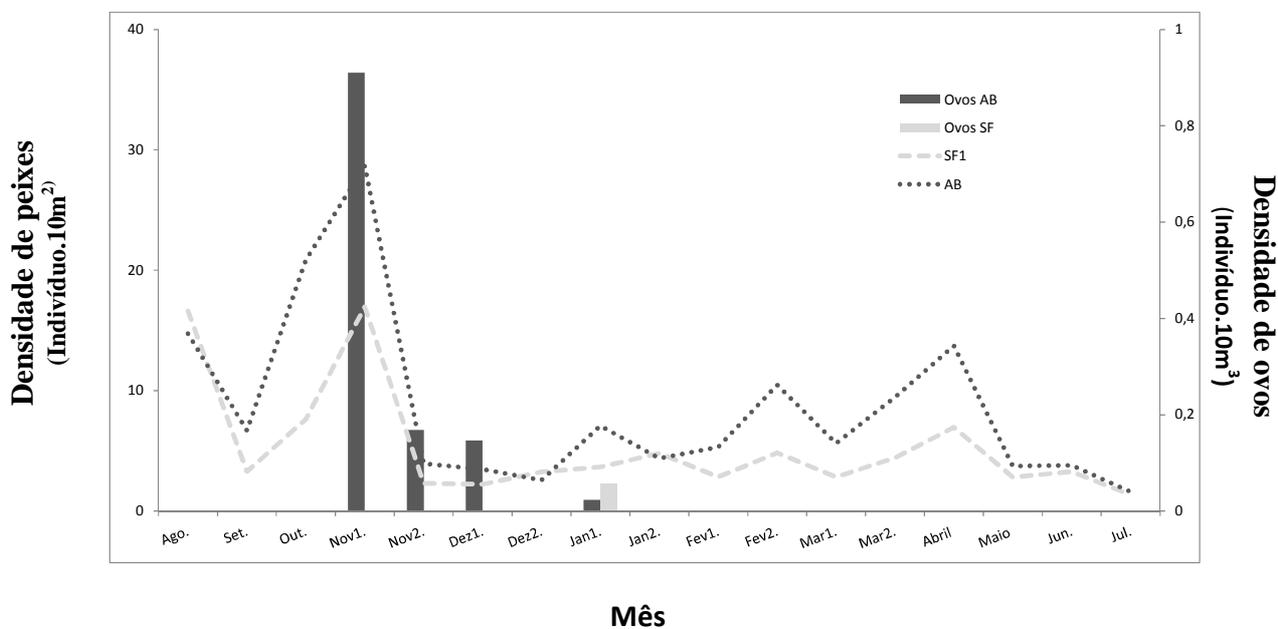


Figura 8. Densidade de peixes de grande porte e de ovos coletados no rio São Francisco a montante da confluência e no rio Abaeté, durante os meses em estudo.

4. DISCUSSÃO

A aplicação da técnica de hidroacústica é atualmente aceita em pesquisas com a ictiofauna (FORBES, NAKKEN 1972; JOHANNESON, MITSON, 1983; THORNE, 1983; BRANDT, 1996; MACLENNAN; SIMMONDS, 2002). Com a hidroacústica é possível mensurar *in situ* a densidade de peixes e a trajetória deles em uma determinada área. A maior desvantagem do método é a indeterminação taxonômica dos indivíduos visualizados (BRANDT, 1996; VEHANEN et al., 2005). Entretanto, com as coletas ativas foi possível identificar quais as possíveis espécies de peixes detectadas pela hidroacústica. Como quase a totalidade dos indivíduos capturados ativamente era de espécies migradoras, e por termos aplicado o filtro de visualização para peixes de grande porte, é possível dizer que a maioria dos peixes analisados neste estudo pertencia a espécies migradoras.

O monitoramento dos peixes com a hidroacústica, estimando a abundância e os padrões de movimento, tem sido relatado em alguns estudos com salmões e trutas (RAEMHILD et al., 1985; STEIG; HAYS, 1987; RANSOM; STEIG, 1995; STEIG; JOHNSTON, 1996; CRONKITE et al., 2007). Esta técnica também tem sido aplicada em estudos sobre migrações verticais diárias (KRUMME, 2004; BEZERRA-NETO; PINTO-COELHO, 2002; 2007; ADAMS et al., 2009; BEZERRA-NETO et al., 2009; PRADO, 2012) ou influenciados pelas alterações das marés (ROBERTSON; DUKE, 1990; SASEKUMAR et al., 1992; VANCE et al., 1996; KRUMME; SAINT-PAUL, 2003; KRUMME et al., 2004). Porém, nenhum estudo sobre padrões de movimentos horizontais de peixes (a montante ou a jusante) havia sido realizado no Brasil.

Neste trabalho pôde-se confirmar que nos primeiros meses de seca os peixes de grande porte, em sua maioria, não apresentam uma direção preferencial de movimentação. É sabido que, durante o período chuvoso, com o

aumento no nível do rio, os peixes são incentivados a migrar em busca de ambientes com condições favoráveis para realizarem as desovas (VAZZOLER, 1996). Face a isso, todos os pontos apresentaram direção preferencial dos peixes de grande porte, o que permite inferir sobre possíveis migrações para regiões utilizadas como sítios de desova.

Com o início das chuvas e o aumento da vazão do rio Abaeté de outubro para novembro, os peixes de grande porte, visualizados no próprio Abaeté e na estação do rio São Francisco a jusante da confluência, passaram a ter movimentação de subida do rio. Nesse mesmo período a maior densidade de peixes grandes foi visualizada no rio Abaeté. O rio Abaeté por ser um tributário que não apresenta nenhum tipo de barramento em toda sua extensão, ainda mantém características importantes de fluxo natural de rio, como a magnitude, variações naturais e duração do período de cheias (POFF et al., 1997). Em outubro, devido à regulação da vazão no rio São Francisco por parte da UHE Três Marias, a vazão se manteve constante enquanto no rio Abaeté houve a primeira cheia. As primeiras enchentes de um rio, que podem ocorrer ainda no período seco, funcionam como gatilho sincronizador para o início da migração (VAZZOLER et al., 1997, AGOSTINHO et al., 2003). Os peixes, nesse momento, quando no estágio maduro, se movimentam em direção a regiões de corredeiras, onde procuram realizar as desovas (VAZZOLER, 1996). Dessa forma, os peixes visualizados no São Francisco, abaixo do afluente Abaeté, com a chuva, entram no tributário para completar seu ciclo reprodutivo, fato confirmado pela presença de ovos, logo após o pico de subida dos peixes.

Entretanto, foi visualizada, também para este período, a movimentação de subida dos peixes amostrados no ponto do São Francisco a montante da confluência, pela margem esquerda. Trabalhos anteriores mostraram que peixes migradores como curimba (*Prochilodus argenteus*) surubim (*Pseudoplastysoma corrucans*) e dourado (*Salminus franciscanus*) eventualmente sobem o rio São

Francisco até a barragem da UHETM (GODINHO; KYNARD 2006; GODINHO et al., 2006; ANDRADE-NETO, 2008), possivelmente para a exploração desses habitats para alimentação. Outra explicação para a subida dos peixes em direção a barragem é que durante alguns dias do período de chuva o rio Abaeté pode apresentar vazões elevadas, chegando a influenciar as regiões a montante (SAMPAIO; LOPEZ, 2003). Justamente na margem direita, a menos afetada por este rio por ser oposta à sua foz, os peixes apresentaram movimento de descida em direção à foz do rio Abaeté. Além disso, a maior densidade de peixes de grande porte no SF1, nessa época, foi visualizada na margem direita. Assim, podemos concluir que no período chuvoso apesar de existirem peixes que sobem o rio São Francisco em direção à barragem, a densidade de peixes de grande porte que descem o rio em direção a foz do Abaeté é maior.

No período seco, a maior densidade de peixes maiores foi encontrada no São Francisco a jusante da confluência. Trabalhos realizados na foz de 167 rios mostraram que os afluentes podem criar mudanças bruscas na morfologia do canal do rio principal, com mudança na composição do substrato e aumento da profundidade (BENDA et al., 2004). Essas modificações aumentam a complexidade do habitat abaixo da confluência e isso, tem sido associada a um aumento na diversidade da fauna (FERNANDEZ et al., 2004). Dessa forma, como as águas do rio Abaeté deságuam acima deste ponto no rio São Francisco, grande quantidade de peixes migradores preferem ficar neste ponto durante o período seco.

Assim com os resultados apresentados por este estudo, o rio Abaeté funciona como atenuador dos efeitos negativos sofridos pela ictiofauna do alto rio São Francisco devido à usina hidrelétrica de Três Marias, por manter seu regime hidrológico natural e apresentar elevadas densidades de peixes de maior porte e ovos, durante a piracema. Dessa forma, conclui-se que este afluente constitui a principal rota e o principal sítio reprodutivo da região estudada.

Através do entendimento dos deslocamentos dos peixes migradores do alto São Francisco, fica clara a necessidade de conservação do rio Abaeté, para a proteção das espécies migradoras e conseqüentemente, proteção de todas as outras espécies de peixes. Com este estudo e com tantos outros realizados na região, ações concretas de conservação do rio Abaeté devem ser tomadas, já que inúmeras hidrelétricas são previstas para este afluente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, C. F.; FOY, R. J.; KELLEY, J. J.; COYLE, K. O. Seasonal changes in the diel vertical migration of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the northern Gulf of Alaska. **Environmental Biology of Fishes**, Dordrecht, v. 86, p. 297–305, 2009.

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO-JR., H. F.; BORGHETTI, J. R. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipu. **Revista UNIMAR**, Maringá, v.1, n. 1, p. 89-107, 1992.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; SUZUKI, H. I.; JÚLIO JR., H. F. Migratory fishes of the upper Paraná River Basin, Brazil. In: Carolsfeld, J.; Harvey, B.; Ross, C; Baer, A. **Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status**. Victoria: World Fisheries Trust, 2003. p. 19-98.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem, 2007. 501 p.

ALVES, C. B. M.; POMPEU, P. S. Historical changes in the Rio das Velhas fish fauna Brazil. In: Rinne, J. N.; Hughes, R. M.; Calamusso, B. Historical changes in large river fish assemblages of the Americas. **American Fisheries Society**, Symposium, Maryland, p. 587-602, 2005.

ALVES, C. B. M; VIEIRA, F.; POMPEU, P. S. Ictiofauna da bacia hidrográfica do rio São Francisco. In: Ministério do Meio Ambiente (Org.). **Diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico da bacia hidrográfica do rio São Francisco**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. p. 226-241.

ANDRADE-NETO, F. R. A. **Migração e conservação do dourado (*Salminus franciscanus*, Lima & Britski 2007) em um trecho do rio São Francisco**. 2008. 64 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

ANEEL (Agência Nacional de Energial Elétrica). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008. 3 ed. 236 p.

AUVINEN, H.; JURVELIUS, J. Comparison of pelagic vendace (*Coregonus albula*) stock density estimation methods in a lake. **Fisheries Research**, Amsterdam, v. 19, p. 31–50, 1994.

BARBOSA, J.M.; SOARES, E.C. Perfil da ictiofauna da bacia do São Francisco: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, São Luiz, v. 4, n. 1, p. 155-172, 2009.

BENDA, L.; ANDRAS, K.; MILLER, D; BIGELOW, P. Confluence effects in rivers: interactions of basin scale, network geometry, and disturbance regimes. **Water Resources Research**, [s.i.], v. 40, p. W05402, 2004.

BEZERRA-NETO J. F.; PINTO-COELHO, R. M. Migração vertical das larvas de *Chaoborus brasiliensis* (Theobald 1901) (Diptera, Chaoboridae) em um reservatório tropical: Lagoa do Nado, Belo Horizonte, estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, p. 329-336, 2002.

BEZERRA-NETO, J. F.; PINTO-COELHO, R. M. Diel vertical migration of the copepod *Thermocyclops inversus* (Kiefer, 1936) in a tropical reservoir: the role of oxygen and the spatial overlap with *Chaoborus*. **Aquatic Ecology**, Netherlands, vol. 41, n. 4, p. 535-545, 2007.

BEZERRA-NETO, J. F.; MELLO, N. A. S. T.; MAIA-BARBOSA, P. M.; PINTO-COELHO, R. M. The role of predation in the diel vertical migration of zooplankton in two tropical freshwaters ecosystems. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, vol. 21, n. 1, p. 45-56, 2009.

BIOSONICS INC. **Calibration of BioSonics Digital Scientific Echosounder using T/C calibration spheres**. Seattle: BioSonics, 2004. 11 p.

BRANDT S.B. Acoustic assessment of fish abundance and distribution. In: Murphy, R. B; Willis, D. W (Eds). **Fisheries Techniques**. Bethesda: American Fisheries Society, 1996. 732 p.

CAROLSFELD, J.; HARVEY, B.; ROSS, C.; BAER, A. **Migratory fishes of South America**. Victoria: World Fisheries Trust, 2003. 380p.

CASTELLANOS-SOLÁ, M. E.; JACOBI, C. M.; LEMOS-FILHO, J. P. Abiotic control of pH in tropical river waters: seasonality and geographic characteristics. **Ambio**, Stockholm, 2006.

CRONKITE, G; MULLINGAN, T.; HOLMES, J.; ENZENHOFER, H. Categorising salmon migration behaviour using characteristics of split-beam acoustic data. **Aquatic Living Resource**, Belgium, v. 20, p. 205-212, 2007.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua conservação**. 2 ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.

ECHOVIEW. **Echoview help file 4.90.29 for Echoview 4.90.44**. Tasmania: Myriax Software Pty Ltd. 2010.

EHRENBERG, J. E.; TORKELSON, T. C. Application of dual-beam and split-beam target tracking in fisheries acoustics. **Journal of Marine Science**, Norway, v. 53, p. 329-334, 1996.

FERNANDEZ, C. C.; PODOS, J.; LUNDBERG, J. G. Amazonian ecology: tributaries enhance the diversity of electric fishes. **Science**, Nova York, v. 305, p. 1960-1962, 2004.

FORBES, S. T.; NAKKEN, O. Manual of methods for fisheries resources survey and appraisal. Part II: The use of acoustic instruments for fish detectime and abundance estimation. **FAO Manuals on Fisheries Science**, Rome, v. 5, p. 1-138, 1972.

FOWLER, H. W. Os peixes de água doce do Brasil. **Arquivos de Zoologia do Estado de São Paulo**, São Paulo, v. 6, n. 15, p. 205- 404, 1950.

FRANCOIS, R. E.; GARRISON, G. R. Sound absorption based on ocean measurements. Part II: Boric acid contribution and equation for total absorption. **Journal Acoustical Society of America**, Melville, v. 72, p. 1879-90, 1982.

GAUTHIER S.; BOISINCLAIR, D.; EGENDRE, P. Evaluation of a variable angle scanning method to estimate relative abundance and distribution of fish using a single-beam echosounder in shallow lakes. **Journal of Fish Biology**, London, v. 50, p. 208-221, 1997.

GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. 468 p.

GODINHO, A. L.; POMPEU, P. S. A importância dos ribeirões para os peixes de piracema. In: Godinho, H. P.; Godinho, A. L. (eds). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 361-372.

GODINHO, A. L.; KYNARD, B. Migration and Spawning of Radio-tagged *Zulega Prochilodus argenteus* in a Dammed Brazilian River. **Transactions of the American Fisheries Society**, Bethesda, vol. 135, p. 811-824, 2006.

GODINHO, A. L.; KYNARD, B.; GODINHO, H. P. Migration and spawning of female surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*, Pimelodidae) in the São Francisco river, Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, Dordrecht, 2006. p. 421-433.

GODINHO, A. L.; KYNARD, B. Migratory fishes of Brazil: Life history and fish passage needs. **River Research and Applications**, Chichester, v. 25, p. 702–712, 2009.

GODLEWSKAA, M.; FROUZOVAB, J.; KUBECKAB, J., WI'SNIEWOLSKIC, W.; ZLAKOWSKIC, J. Comparison of hydroacoustic estimates with fish census in shallow Malta Reservoir – which TS/L regression to use in horizontal beam applications? **Fisheries Research**, Amsterdam, v. 123–124, p. 90–97, 2012.

GUILLARD J. Daily migration cycles of fish populations in a tropical estuary Sine, Saloum, Senegal using a horizontal-directed split-beam transducer and multibeam sonar. **Fisheries Research**, Amsterdam, v. 35, p. 23–31, 1998.

JOHANNESSEN, K. A.; MITSON, R. B. Fisheries acoustics: A practical manual for aquatic biomass estimation. **FAO Fisheries Technical Paper**, Rome, v. 240, p. 249, 1983.

JURVELIUS, J.; KOLARI, I.; LESKELÄ. Quality and status of fish stocks in lakes: gillnetting, seining, trawling and hydroacoustics as sampling methods. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 660, p. 29-36, 2011.

KNUDSEN, F. R.; SAEGROV, H. Benefits from horizontal beaming during acoustic survey: application to three Norwegian lakes. **Fisheries Research**, Amsterdam, v. 56, p. 205- 211, 2002.

KRUMME, U; SAINT-PAUL, U. Observations of fish migration in a macrotidal mangrove channel in Northern Brazil using a 200-kHz split-beam sonar. **Aquatic Living Resources**, Les Ulis, v. 16, n. 3, p. 175-184, 2003.

KRUMME, U. Patterns in tidal migration of fish in a Brazilian mangrove channel as revealed by a split-beam echosounder. **Fisheries Research**, Amsterdam, v. 70, p. 1-15, 2004.

KRUMME, U.; HANNING, A. A floating device for stationary hydroacoustic sampling in shallow waters. **Fisheries Research**, Amsterdam, v. 73, p. 377–381, 2005.

LOWE-MCCONNELL. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. São Paulo: Edusp, 1999. 534 p.

LOVE, R. H. Dorsal aspect target strength of an individual fish. **Journal of the Acoustical Society of America**, Melville, v. 49, p. 816–823, 1971a.

LINDEM, T.; SANDLUND, O. T. New methods in assessment of pelagic fish stocks—coordinated use of echo-sounder, pelagic trawl and pelagic nets. **Fauna**, Oslo, v. 37, p. 105–111, 1984.

LOURES, R. C.; POMPEU, P. S. Temporal variation in fish community in the tailrace at Três Marias Hydroelectric Dam, São Francisco River, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, vol. 10, n. 4, 2012.

LUCAS, M. C.; BARAS, E. Methods for studying spatial behaviour of freshwater fishes in the natural environment. **Fish and Fisheries**, Geddeg, v. 1, p. 283-316, 2000.

MACLENNAN, D.N.; SIMMONDS, E.J. **Chapman_Hall, Appendix A: Calculation of the absorption coefficient**. Seattle: Fisheries Acoustics, 1992. 42 p.

MATHISEN, O. A. **Methods for the estimation of krill abundance in the Antarctic**. Alexandria: National Technical Information Service, 1980. 26 p.

MEDWIN H. Speed of Sound in Water For Realistic Parameters. **Journal Acoustical Society of America**, Melville, v. 58, p. 13-18, 1975.

MOYLE, P. B.; MOUNT, J. F. Homogeneous rivers, homogeneous faunas. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 104, p. 5711–5712, 2007.

NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; MAKRAKIS, M. C.; PAVANELLI, C. S. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá: Eduem, 2001. 378 p.

POFF, N. L.; ALLAN, J. D.; BAIN, M. B.; KARR, J. R.; PRESTEGARD, K. L.; RICHTER, B. D.; SPARKS, R. E.; STROMBERG, J. C. The Natural Flow Regime: A paradigm for river conservation and restoration. **BioScience**, Washington, v. 47, n. 11, p. 769-784, 1997.

PRACHEIL, B. M.; PEGG, M. A.; MEST, G. E. Tributaries influence recruitment of fish in large rivers. *Ecology of Freshwater Fish*, Oxford, v. 18, n. 4, p. 603–609, 2009. PIKE, J. M.; BEIBOER, F. L. A. Comparison between Algorithms for the Computations of the Speed of Sound in Sea Water. **The Hydrographic Society**, Special Publication, n. 34, 1993.

PRADO, I. G. **Avaliação do comportamento de peixes à montante da barragem da UHE Três Marias como subsídio para a conservação da ictiofauna**. 2012. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

RAEMHILD, G. A.; NASON, R.; HAYS, S. Hydroacoustic studies of downstream migrating salmonids at hydropower dams: two case studies. **The American Fisheries Society**, Symposium, Maryland, p. 244–250, 1985.

RANSOM, B. H.; STEIG, T. W. Comparison of the effectiveness of surface flow and deep spill for bypassing Pacific salmon smolts (*Oncorhynchus* spp.) at Columbia River Basin hydropower dams. **Proceedings of Waterpower' 95 Conference**, San Francisco, p. 271–280, 1995.

RIZZO E.; GODINHO H. P. Superfície de ovos de peixes Characiformes e Siluriformes. In: Godinho, H. P., Godinho, A. L. **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 115-132.

ROBERTSON A. I.; DUKE N. C. Mangrove fish-communities in tropical Queensland, Australia: spatial and temporal patterns in densities, biomass and community structure. **Marine Biology**, Oxford, v. 104, p. 369-379, 1990.

RODRIGUES, R. R. **Sucesso reprodutivo de peixes migradores em rios barrados em Minas Gerais: influência da bacia de drenagem e das cheias**. 2009. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SAMPAIO, E. V.; LÓPEZ, C. M. Limnologia física, química e biológica da represa de Três Marias e do São Francisco. In: Godinho, H. P.; Godinho, A. L. **Águas, Peixes, e Pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 71-92.

SASEKUMAR, A.; CHONG, V. C; LEH, M. U.; D'CRUZ, R. **Mangroves a habitat for fish and prawns**. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 247, p. 195–207, 1992.

SIMMONDS, E. J.; MACLENNAN, D. N. **Fisheries Acoustics: Theory and Practice**. 2ed. Oxford: Blackwell, 2005. 413 p.

SPINELLI, J. P. **Spatial and temporal entrainment of fish from Hauser reservoir, Montana**. 2010. 121 p. Thesis (Master in Science in Fish and Wildlife Management Montana) - State University, Montana, 2010.

STEIG, T. W.; HAYS, S. G. **Fixed aspect hydroacoustic techniques to assess bypass alternatives for downstream migrating salmonids at Rocky Reach Dam on the Columbia River**. Seattle: International Symposium on Fisheries Acoustics, 1987. 37 p.

STEIG, T. W.; JOHNSTON, S. V. Monitoring fish movement patterns in a reservoir using horizontally scanning split-beam techniques. **ICES Journal of Marine Science**, Norway, v. 53, n. 2, p. 440-441, 1996.

SATO, Y.; CARDOSO, E. L.; AMORIM, J. C. C. **Peixes das lagoas marginais do rio São Francisco a montante da represa de Três Marias (Minas Gerais)**. Brasília: Codevasf, 1987. 45 p.

SATO, Y.; CARDOSO, E. L. Reprodução induzida do mandi-amarelo (*Pimelodus maculatus*). In: **Coletânea de resumos dos encontros da Associação Mineira de Aquicultura**. Brasília: Codevasf, 1988. 137 p.

SATO, Y.; CARDOSO, E. L.; AMORIM, J. C. C. **Peixes das lagoas marginais do São Francisco a montante da represa de Três Marias (Minas Gerais)**. Brasília: Codevasf, 1988. 35 p.

SATO, Y.; GODINHO, H. P. Migratory fishes of the São Francisco River. In: Carolsfeld, J.; Harvey, B.; Baer, A.; Ross, C. (ed.). **Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status**. Canadá: World Fisheries Trust, 2003. p. 6-14.

SATO, Y.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E.; BOSCHI, M.B.; MIRANDA, M. O. T. Influence of the Abaeté River on the reproductive success of the neotropical migratory teleost *Prochilodus argenteus* in the São Francisco River, downstream from the Três Marias Dam, southeastern Brazil. **River Research and Applications**, Chichester, v. 21, n. 8, p. 939-950, 2005.

THORNE, R. E. Application of hydroacoustic assessment techniques to three lakes with contrasting fish distributions. **FAO Fisheries and Aquaculture Report**, Rome, n. 300, 1983.

VANCE, D. J.; HAYWOOD, M. D. E.; HEALES, D. S.; KENYON, R. A.; LONERAGAN, N. R.; PENDREY, R. C. How far do prawns and fish move into mangroves? Distribution of juvenile banana prawns *Penaeus merguensis* and fish in a tropical mangrove forest in northern Australia. **Marine Ecology Progress Series**, Oldendorf (Luhe), v. 131, p. 115-124, 1996.

VAZZOLER, A.E.A.M. **Biologia da Reprodução de Peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: Eduem, 1996. 169 p.

VAZZOLER, A. E. A. M.; SUZUKI, H. I; MARQUES, E. E; DE LOS, M.; LIZAMA, A. P. Primeira maturação gonadal, períodos e áreas de reprodução. In: Vazzoler, A. E. A. M; Agostinho, A.A.; Hahn, N. S. (Eds). **A planície de inundação do alto rio Paraná. Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: Eduem, 1997. p. 249-266.

VEHANEN, T.; JURVELIUS, J.;LAHTI, M. Habitat utilization by fish community in a short-term regulated river reservoir. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 545, p. 257-270, 2005.

YULE, D. L. Comparison of horizontal acoustic and purse-seine estimates of salmonid densities and sizes in eleven Wyoming waters. **North American Journal of Fisheries Management**, Duluth, v. 20, p. 759-775, 2000.